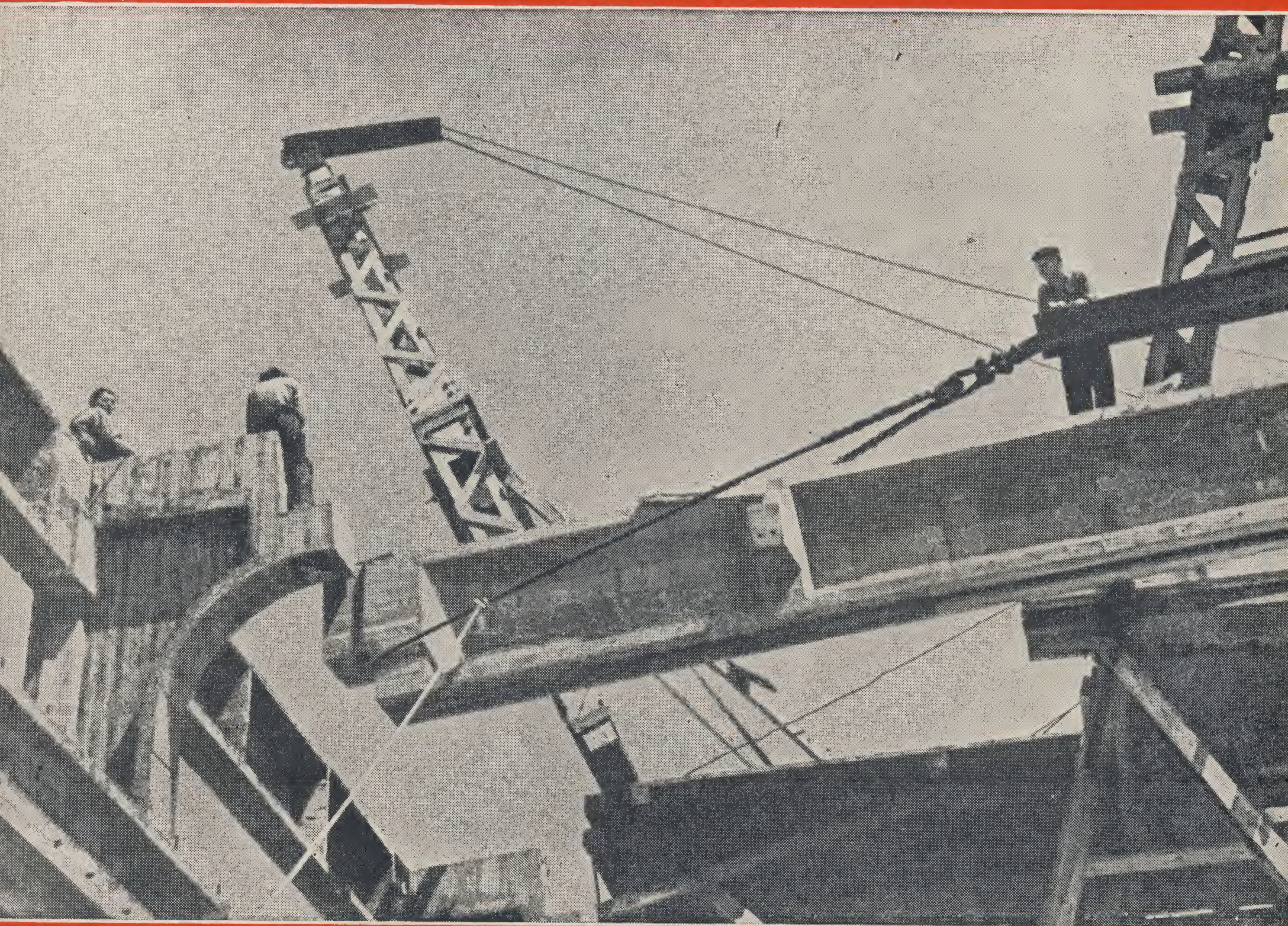
GRAĐEVINAR

10 ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA N. R. H.
GODINA XI. LISTOPAD 1959.



Gradnja hale iz prednapregnutog betona u brodogradilištu »SPLIT«
— detalj montaže okvirne grede —

»GRAĐEVINAR«

GOD. XI. **BROJ 10**

SADRŽAJ

SARADNICI!

OLAKŠAJTE RAD REDAKCIONOM ODBORU I UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna;
tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuju unošenje potrebnih korektura na jasan ı pregledan način;
CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autora;
fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;
popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;
jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.
Više slika, manje teksta — Vašem će se radu pokloniti više pažnje!

Čitaoci traže više članaka na manje stranica; zadovoljite čitaoce, oni će Vam biti zahvalni!
Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, slike se računaju kao tekst.
RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Dr. ing. Ervin Nonveiller
Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Administracija: Zagreb, Berislavićeva 6 — Tel. 38-114 — Tek. račun kod Komunalne banke Zagreb 400-703-5-1151

Tisak »VJESNIK« – pogon »TIPOGRAFIJA«, Zagreb

»GRAĐEVINAR«

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

ZAGREB, BERISLAVIĆEVA 6 — TEL. 38-114

12 BROJEVA GODIŠNJE S AKTUELNIM I INTERESANTNIM SADRŽAJEM

Časopis izlazi svakog mjeseca, i to najmanje na 32 stranice. Pretplata iznosi godišnje:

za poduzeća i ustanove	Din	1.600.—
za ostale pretplatnike	„	900.—
za đake Građevinske srednje tehničke škole i studente Građevinskih fakulteta . .	„	400.—
pojedini broj	„	80.—
za inostranstvo	„	4.000.—

Pretplate za pola godine su srazmjerno za 10% skuplje.

Pretplata se plaća unaprijed na tek. račun 400-703-5-1151 ili u administraciji časopisa dnevno od 10 do 12 sati.

»GRAĐEVINAR« časopis Društva građevinskih inženjera i tehničara N. R. H. ima razvijenu oglasnu službu s ovim kategorijama oglasa:

1. **Oglašivanje privredne djelatnosti**

naslovna strana	Din	30.000.—
omotne strane	„	25.000.—
ostale strane 1/1	„	20.000.—
ostale strane 1/2	„	12.000.—
ostale strane 1/4	„	8.000.—

2. **Ponuda i potražnja materijal, najam strojeva i inventara, oglasi licitacije**

strana 1/1	Din	25.000.—
strana 1/2	„	15.000.—
strana 1/4	„	10.000.—

3. **Ponuda i potražnja namještenja**

strana 1/1	Din	30.000.—
strana 1/2	„	18.000.—
strana 1/4	„	12.000.—
strana 1/8	„	7.000.—

Oglasi se primaju do najmanje **10 DANA PRIJE IZLASKA LISTA.**
Kod narudžbe za oglas u više uzastopnih brojeva 10% popusta.
Ako se oglas naruči izravno u našoj administraciji, dajemo 10% popusta.
Svaki oglas u našem listu čitaju svi građevinari u zemlji!

OGLAŠUJTE U »GRAĐEVINARU«!

GRAĐEVINAR

GOD. XI. LISTOPAD 1959. BROJ 10

PRILOZI IZNALAŽENJU UTICAJNIH LINIJA ZA SILE U ŠTAPOVIMA REŠETKASTIH SISTEMA NOSAČA

I. Grafička konstrukcija pomoću Williotovih planova pomaka

Prof. em. Dr. Ing. **Rajko Kušević**, Zagreb

U udžbenicima teorije konstrukcija općenito se prikazuju dva načina grafičkog iznalaženja uticajnih linija za sile u štapovima rešetkastih sistema nosača: pomoću planova momentanih polova i pomoću planova brzina. U oba slučaja dobiva se uticajna linija unutarnje sile S_{i-k} u štapu s_{i-k} kao elastična linija teretnog pojasa nosača, proizvedena beskonačno malenom promjenom razmaka čvorova i i k u kinematičkom lancu s jednom slobodom kretanja, koji je stvoren uklanjanjem štapa s_{i-k} u danom rešetkastom nosaču. Neizmjerno malene ordinate tako dobivene uticajne linije pretvaraju se za grafičko prikazivanje u konačne ili tako, da se pokazuju u neizmjerno velikom mjerilu, ili tako, da se dijele s neizmjerno malenim vremenskim odsječkom dt, čime prelaze u konačne brzine, s kojima se dalje radi mjesto s pomacima [1], [2], [3], [4], [5].

Dokaz za takav način određivanja uticajnih linija daje jednadžba virtualnog rada, postavljena za uravnoteženo stanje opterećenja i virtualno stanje pomaka kinematičkog lanca. Uravnoteženo opterećenje sačinjava prelazni teret, sila $P_m = 1$ u čvoru m, s ležišnim reakcijama i protusmjernim silama $S_{i-k} = S_{k-i}$ u čvoru i odn. k, koje nadomještaju djelovanje uklonjenog štapa s_{i-k} u tim čvorovima; virtualni pomaci dani su deformacijom kinematičkog lanca pri promjeni razmaka čvorova i i k. Uz pretpostavke:

- ležišta su nepokretna u pravcima djelovanja ležišnih reakcija,
- unutarnja sila S_{i-k} pozitivna je kao sila zatezanja,
- virtualna promjena razmaka čvorova i i k u kinematičkom lancu, Δs_{i-k}, pozitivna je kao povećanje tog razmaka,
- virtualni pomak v_m čvora m u pravcu djelovanja tereta P_m pozitivan je u smislu djelovanja tereta P_m, t. j. prema dolje,

jednadžba virtualnog rada glasi:

$$P_m \cdot v_m = S_{i-k} \, \Delta s_{i-k}.$$

Odatle slijedi, sa $P_m = 1$,

$$S_{i-k} = \frac{v_m}{s_{i-k}},$$

a to znači, da je v_m ordinata uticajne linije za čvor m, dobivena sa Δs_{i-k} kao jedinicom mjerila i s istim predznakom kao i progib v_m, t. j. pozitivna ispod apscisne osi.

Lako je uvidjeti, da se ista jednadžba virtualnog rada dobiva bez pretvaranja rešetkastog nosača u kinematički lanac, ako se ona postavi za stanje opterećenja nosača teretom $P_m = 1$ i za stanje virtualnih pomaka njegovih čvorova pri deformaciji rešetke, proizvedenoj promjenom dužine štapa s_{i-k} za Δs_{i-k}. Prema tome se uticajna linija sile S_{i-k} može grafički iznaći i crtanjem Williotova plana pomaka.

Taj treći način grafičkog određivanja uticajnih linija prikazan je, koliko mi je poznato, u samo jednom udžbeniku [6], i to skoro dva decenija nakon što je bio uočen*. To zapostavljanje Williotova postupka, koji očigledno ne može biti praktički manje upotrebljiv nego postupak planova brzina, s kojim je dualan, može se objasniti time, što je on za udžbenik manje interesantan. Metodički on ni ne spada u istu grupu sa prva dva načina. Dok ti zahtijevaju zasebno izlaganje relativno složene kinematičke teorije rešetkastih sistema, za treći način ne treba nikakvog novog teorijskog obrazloženja, jer se on načelno ni u čemu ne razlikuje od općeg Williotova postupka iznalaženja deformacija rešetkastog nosača iz poznatih promjena dužina štapova. Za praksu može baš zato taj treći način grafičkog određivanja uticajnih linija biti značajan. Kako zbog naglog razvitka i napretka građevinarstva u posljednjih par decenija i teorija konstrukcija postaje sve obimnija i prema tome sve teže pregledna, praktičar mora nastojati da kod različitih zadataka po mogućnosti primjenjuje postupke s istim teorijskim osnovima. Zato će on svakako biti sklon da pri rješavanju specijalnog zadatka grafičkog određivanja uticajnih linija, podesnog zbog složenosti sistema rešetke, izbjegne postupke povezane s potrebom upoznavanja novog teorijskog osnova i dade prednost postupku, koji mu je načelno već poznat, jer služi i za rješavanje važnog općenitijeg zadatka.

---

* Müller-Breslau navodi u bibliografskom podatku na kraju I sveska svog udžbenika [1], da je u raspravi »Theorie des ebenen Fachwerks« (1887) pri izlaganju kinematičke teorije rešetkastih nosača ukazao na Williotov način prikazivanja pomaka čvorova elastične rešetke.

S obzirom na te činjenice, ovdje će biti prikazana primjena Williotovih planova pomaka na iznalaženje uticajnih linija za sile u štapovima različitih složenih sistema rešetkastih nosača i kritički će se usporediti rješavanje zadataka po tom postupku s rješavanjem po postupku planova brzina i postupku momentanih polova. Naročito će biti pokazana primjena Williotovih planova pomaka za iznalaženje uticajnih linija sistema sastavljenih od više krutih rešetkastih ploča, međusobno spojenih zglobovima.

Zbog lakšeg uspoređivanja triju načina rješavanja istog zadatka treba još ukratko izložiti glavne njihove karakteristike.

a) Osnov prvog postupka je crtanje suvislog plana momentanih rotacionih polova za krute ploče, od kojih je sastavljen kinematički lanac, t. j. iznalaženje glavnih i sporednih polova za taj lanac. Uticajna linija se određuje pomoću njezinih nultačaka, koje leže ispod glavnih polova, i ordinate jedne od njezinih prelomnih tačaka, koje leže ispod sporednih polova. Veličina te ordinate nalazi se iz odstojanja sporednog pola za dvije ploče od glavnih polova tih ploča. Jedinica mjerila za ordinate je upravno odstojanje nul-štapa s_{i-k} od sporednog pola.

b) Osnov drugog postupka je crtanje suvislog plana zaokrenutih brzina, bez plana momentanih polova, t. j. ponavljano rješavanje elementarnog zadatka: iz poznatih zaokrenutih brzina c_a i c_b dvaju čvorova A i B odrediti zaokrenutu brzinu c_d čvora D, koji je priključen na čvorove A i B štapovima s_{a-d} i s_{b-d}. Počinje se sa brzinama dvaju čvorova G i H, i to $c_g = 0$ (stvarno ili po pretpostavci), c_h sa po volji odabranom veličinom. Ordinata uticajne linije sile S_{i-k} za koji god čvor m dobiva se iz jednadžbe virtualnog rada postavljene za stanje opterećenja kinematičkog lanca prelaznim teretom 1 u čvoru m, oslobođenom unutarnjom silom u čvorovima i i k i ležišnim reakcijama, i na stanje pomaka definirano nacrtanim planom brzina. Jedinica mjerila za ordinate uticajne linije je diferencija projekcija zaokrenutih brzina c_i i c_k čvorova, u kojima je priključen nulštap, upravnih na os štapa s_{i-k}.

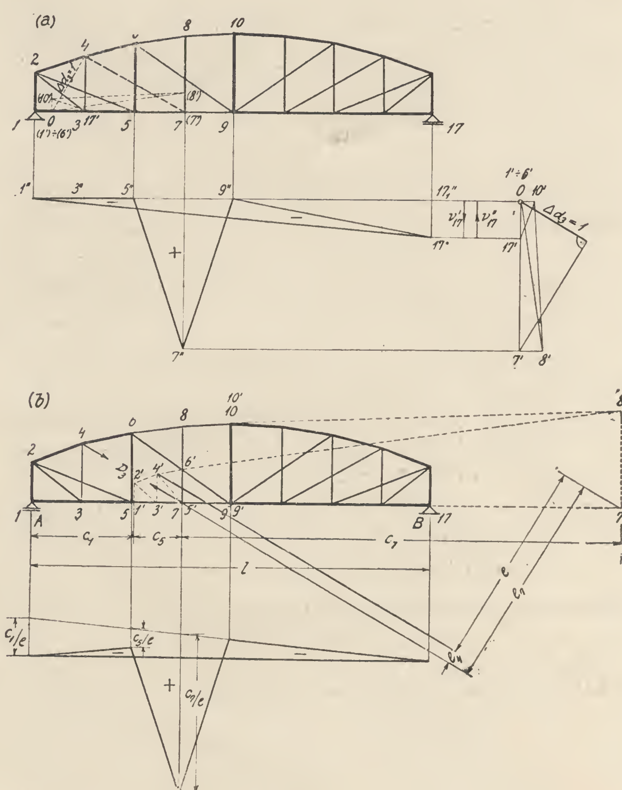
Varijanta drugog postupka, po kojoj se crta plan nezaokrenutih brzina, daje plan brzina formalno identičan sa Williotovim planom pomaka, ako je nezaokrenuta brzina čvora k, s kojom se započinje crtanje plana, upravna na os nul-štapa s_{i-k}. Ako ona s njom zatvara kakav god kut, razlika prema Williotovu planu je minimalna.

c) Treći postupak se osniva na crtanju Williotovih planova pomaka, pa prema tome predstavlja sukcesivno rješavanje elementarnih zadataka. To je u prvom koraku crtanja plana zadatak: naći pomak w_k čvora K, priključenog štapovima s_{i-k} i s_{k-j} na čvorove I i J, ako se dužina štapa s_{i-k} mijenja za Δs_{i-k}; u daljnjim koracima to je zadatak: iz poznatih pomaka w_g i w_h čvorova G i H, na koje je čvor E priključen štapovima s_{g-e} i s_{h-e}, naći pomak w_e čvora E. Ordinata uticajne linije za koji god čvor m dobiva se kao projekcija pomaka w_m u Williotovu planu na vertikalu kroz čvor m, s eventualno potrebnom korekturom za udovoljavanje ležišnim uslovima. Ta se korektura može u redovitim slučajevima jednostavno izvršiti premještanjem apscisne osi u položaj, kojim se zadovoljavaju uslovi pomaka ležišnih čvorova. Jedinica mjerila za ordinate uticajne linije dana je po volji odabranom veličinom Δs_{i-k}.

U narednim primjerima tretirani su rešetkasti sistemi nosača, kod kojih su grafički postupci iznalaženja uticajnih linija podesniji od ostalih postupaka. To su u prvom redu nosači sa dvostrukom ili četverostrukom ispunom rešetke, zatim nosači složeni od više rešetkastih ploča, međusobno spojenih zglobovima. Predloženi grafički postupak jednako je dobro upotrebljiv i za jednostavne sisteme rešetkastih nosača, no tu on nema naročitih prednosti pred računskim postupcima.

1. Rešetkasta prosta greda sa dvodjelnom ispunom (sl. 1a). Traži se uticajna linija sile u dijagonali 4—7.

Pri povećavanju razmaka čvorova 4 i 7 rešetkasti nosač se deformira kao pokretan sistem, sastavljen od osam članova: dvije rešetkaste krute ploče i pet štapova. Dijelovima opterećenog pojasa u krutim pločama odgavaraju pravci u progibnoj liniji pojasa, pa stoga treba Williotovim planom pomaka odrediti osim progiba čvora 7 na dijelu rešetke, koji se deformira, samo pomake početnih i završnih čvorova 1 i 5, 9 i 17 na tim pločama.



Sl. 1a-b

Ako se za prvi korak iznalaženja uticajne linije S_{4-7} pretpostavi, da čvor 5 ostaje na miru, $w_5'=0$, i da je uklonjeno ležište 17, ostaje na miru lijeva ploča, pa se Williotovim planom dobivaju pomaci čvorova rešetkastog nosača sa produženim štapom 4—7, kojemu je spriječeno okretanje oko ležišnog čvora 1, t. j. rešetkaste konsole, pričvršćene u čvorovima 1 i 2. Na sl. 1a prikazan je desno taj Williotov plan, konstruiran počevši od tačaka 4′ i 5′, koje se podudaraju s polom O. Sa pogodno odabranom dužinom Δs_{4-7}, koja daje i mjerilo za ordinate uticajne linije, određena je u planu prvo tačka 7′, a zatim redom tačke 8′, 9′, 10′, 17′. Posljednja tačka određena je pomoću fiktivnih štapova: neprekinutog pojasnog štapa 9-17 i dijagonalnog štapa 10-17. Projekcijom pomaka $w_m' = \overline{Om'}$ čvorova m donjeg pojasa na vertikale kroz čvorove m dobiva se progibna linija tog pojasa za vertikalni smjer, sa horizontalnom apscisom osi 1″—17₁″, od koje se mjere ordinate v_m' s pozitivnim predznakom prema dolje.

U drugom koraku iznalaženja uticajne linije kao elastične linije uspostavlja se uslov ležišta 17. Rešetka se zaokrene oko ležišnog čvora tako, da se digne na horizontalu 1—17 ležišni čvor 17, koji je u prvom koraku pomaka dobio pomak $w_{17} = \overline{O\,17'}$ sa vertikalnom komponentom v_{17}' prema dolje. Kako se radi s neizmjerno malenim, u crtežu neizmjerno uvećanim pomacima, može se mjesto deformirane rešetke zaokretati prvobitna nedeformirana rešetka. Prema tome je pomak v_m'' kojega god čvora donjeg pojasa pri tom zaokretanju proporcionalan udaljenosti čvora od ležišnog čvora 1 i predstavljen je odsječkom što ga na vertikali kroz čvor m čine pravci 1″—17″ i 1″—17₁″, mjerenim od pravca 1″—17″ kao apscisne osi. To znači, da se uspostavljanje uslova ležišta 17, t. j. drugi korak određivanja uticajne linije kao progibne linije, može jednostavno izvršiti premještanjem horizontalne apscisne osi 1″—17₁″ za progibnu liniju prvog koraka u kosi položaj 1″—17″. Drugim riječima, na pozitivnu ticajnu površinu 1″ 5″ 7″ 9″ 17″ prvog koraka superponira se negativna uticajna površina 1″ 17₁″ 17″ drugog koraka.

Za uspoređenje dana je na sl. 1b konstrukcija iste uticajne linije pomoću plana brzina, preuzeta iz literature [2]. Uklonjen je štap 4—7 i za prvi korak određivanja uticajne linije pretpostavljen je za čvor 9 pomak $w_9' = 0$, tako da desna kruta rešetkasta ploča ostaje na miru. Lijevo ležište nadomješteno je ležišnom reakcijom i kinematičkom lancu je dan takav virtualan pomak, da čvor 8 dobiva upravnu brzinu 8—8′. Polazeći od tačaka 9′, 10′ i 8′ plana brzina redom su konstruisani položaji tačaka 7′, 6′, 5′, 4′, 3′, 2′, 1′, i time su dobivene brzine svih čvorova.

Za položaj pokretnog tereta $P_m = 1$ u kojem god čvoru m na donjem pojasu desne krute ploče dobiva se po principu virtualnog rada, sa $e_7 - e_4 = e$, jednadžba

$$A\,c_1 + S\,e = 0 \tag{1}$$

i odatle

$$S = -\frac{1}{e}\,A\,c_1. \tag{1'}$$

Za položaje pokretnog tereta lijevo od desne krute ploče, t. j. u jednom od čvorova 3, 5, 7, dobiva se postavljanjem jednadžbe virtualnog rada

$$A\,c_1 + S\,e - 1 \cdot c_m = 0 \tag{2}$$

i odatle

$$S = -\frac{1}{e}\,(A\,c_1 - 1 \cdot c_m). \tag{2'}$$

Po tim obrascima (1′) i (2′) konstruisana je uticajna linija na sl. 1b.

Uspoređenje postupaka iznalaženja uticajne linije po sl. 1a i 1b pokazuje ove relativne prednosti i nedostatke postupaka:

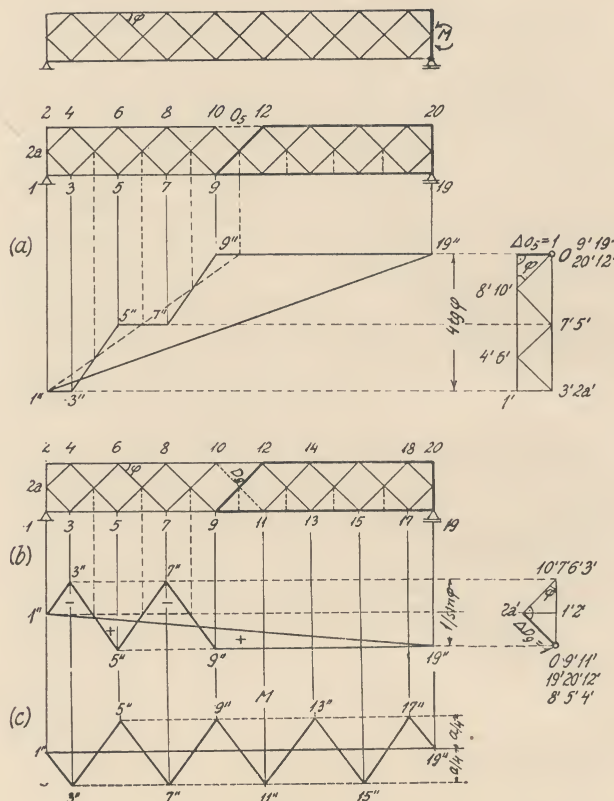
Williotov plan pomaka	Plan brzina
Prednosti	*Nedostaci*
Mjerilo za ordinate uticajnih linija bira se unaprijed, s pogodnom veličinom.	Mjerilo za ordinate uticajnih linija ne bira se uvijek unaprijed, nego se eventualno dobiva grafičkom konstrukcijom iz plana brzina.
Uticajna linija dobiva se jednostavnom grafičkom konstrukcijom, t. j. projiciranjem tačaka Williotova plana na vertikale kroz čvorove. Uspostavljanje ležišnog uslova vrši se zaokretanjem apscisne osi.	Uticajna linija dobiva se prenošenjem redukovanih brzina iz plana brzina na vertikale kroz čvorove. Uspostavljanje ležišnog uslova vrši se postavljanjem jednadžbi virtualnog rada*.
Nedostatak	*Prednost*
Tačke u Williotovu planu pomaka konstruišu se povlačenjem normala na pravce štapova u rešetki.*	Tačke plana brzina konstruišu se povlačenjem paralela s pravcima štapova u rešetki.
* Taj se nedostatak može lako izbjeći, ako se Williotov plan pomaka crta zaokrenut za 90°, t. j. tako, da se Δs_{i-k} nanese upravno na os štapa i—k, a tačke plana pomaka određuju paralelama povučenima s pravcima štapova. (V. sl. 1a.) Time se, doduše, gubi prednost jednostavnog konstruisanja uticajne linije projekcijom.	* Taj se nedostatak može ublažiti time, da se ležišni uslov uspostavlja kao i kod Williotova plana pomaka, t. j. zaokretanjem apscisne osi (iako to ne bi bilo u stilu postupka).

Napomena. Crtanje plana brzina na skici rešetke nije uzeto kao nedostatak postupka, jer se taj plan može crtati i van skice rešetke (na pr. u slučaju na sl. 13, ako se prethodno nacrtaju u ispravnom relativnom položaju samo štapovi 10—8 i 10—9).

Uzme li se pri ovoj komparaciji postupaka još u obzir ono što je naprijed rečeno o razlikama u njihovim teorijskim osnovima, zaključci iz komparacije će bez sumnje biti povoljni za Williotov postupak.

2. Rešetkasta prosta greda sa rombičnom dvodjelnom ispunom i krutom krajnjom vertikalom za stabilitet (sl. 2).

a) Uticajna linija za silu u gornjem pojasnom štapu 10—12. Pri promjeni dužine tog štapa rešetka se deformira kao kinematički lanac sastavljen od krute četverougaone rešetkaste ploče 9—19—20—12 na desnoj strani i niza štapova na lijevoj strani. (Sl. 2a.) Polazeći od pretpostavke, da ostaje na miru čvor 9, ($w_9' = 0$), a prema tome i kruta rešetkasta ploča, i da je uklonjeno ležište 1, nacrtan je na sl. 2a desno Williotov plan pomaka za deformaciju rešetke proizvedenu povećanjem dužine gornjeg pojasnog štapa 10—12 za $\Delta s_{10-12} = 1$. Redom su u planu konstruisane tačke 10′, 8′, 7′, . . . , 3′, 2a′, 1′. Projekcijom pomaka $w_m' = \overline{Om'}$ na vertikale ispod čvorova donjeg pojasa



Sl. 2a-c

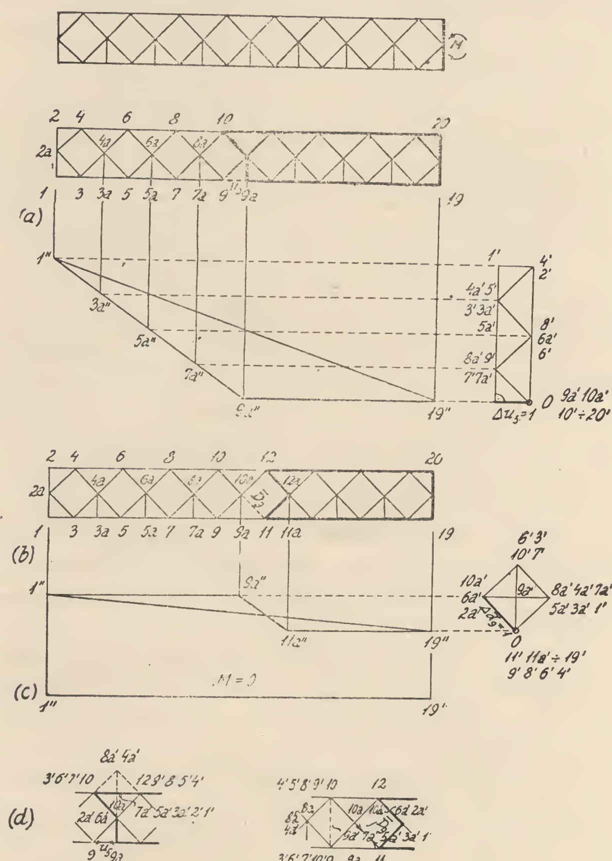
dobivene su na sl. 2a lijevo tačke m'' progibne linije konsolne rešetke, pridržane na desnom kraju. Uslov ležišta 19 proste grede uspostavljen je povlačenjem apscisne osi 1″—19″.

b) Uticajna linija za silu u dijagonali 10—11. Uz pretpostavku $w_{11}' = 0$ ostaje na miru kruta rešetkasta ploča 9—19—20—12 (sl. 2b), a lijevi dio rešetke s uklonjenim ležištem 1 dobiva zbog promjene dužine štapa $\Delta s_{10-11} = 1$ pomake čvorova određene Williotovim planom na sl. 2b desno. Projekcijom tih pomaka i zaokretanjem apscisne osi u položaj 1″—19″ dobivena je uticajna linija.

c) Na sl. 2c prikazana je uticajna linija za moment savijanja u sredini krajnjeg vertikalnog štapa za stabilitet.

Na sl. 2a i 2b posredno je određen i crtkano označen oblik uticajnih linija u slučaju da se prelazni teret ne prenosi direktno u čvorovima donjeg pojasa, u kojima su priključene dijagonale, nego — pomoću crtkano označenih pomoćnih vertikala — indirektno, na polovici razmaka između tih čvorova. Uticajna linija za moment savijanja u sredini štapa za stabilitet na sl. 2c poklapa se u tom slučaju s apscisnom osi.

3. Rešetkasta prosta greda sa dvodjelnom dijagonalnom ispunom, krutom krajnjom vertikalom za stabilitet i pomoćnim vertikalama za postrano ukrućivanje dijagonala i priključivanje poprečnih nosača. (sl. 3a).



Sl. 3a-d

a) Uticajna linija za silu U_5 u donjem pojasnom štapu 9—9a i 9—11. Pri deformaciji rešetke zbog promjene dužine $\Delta u_5 = 1$, izvršenoj uz pretpostavku da je $w_{9a}' = 0$ i da je uklonjeno ležište 1, ostaje na miru peterougaona kruta ploča 9a—19—20—10 (sl. 3a), a čvorovi na preostalom lijevom dijelu rešetke dobivaju pomake određene Williotovim planom na sl. 3a desno. Tačke plana pomaka određene su ovim redom: 9′, 8a′, 8′, 7a′, 7′ . . ., 4a′, 4′, 3a′, 3′, 2a′, 1′. Iz Williotova plana dobivena je uticajna linija na sl. 3a lijevo.

b) Uticajna linija za dijagonalni štap 10a—11. (Sl. 3b). Uz pretpostavku da je uklonjeno ležište 1 i pridržan čvor 11 (t. j. $w_{11}' = 0$) nastaje pri deformaciji dijagonalnog štapa $\Delta s_{10a-11} = 1$ na miru peterougaona kruta rešetkasta ploča 11—19—20—12—12a. Na sl. 9b desno nacrtan je Williotov plan pomaka, a lijevo uticajna linija.

c) Sl. 3c prikazuej uticajnu liniju momenata savijanja u sredini krajnje vertikale za stabilitet.

d) Za uspoređenje prikazani su na sl. 3d planovi brzina za određivanje uticajnih linija, koje su gore, pod 3a i 3b, konstruisane pomoću Williotovih planova pomaka.

Crtanje plana brzina za iznalaženje uticajne linije u donjem pojasnom štapu 9—9a započeto je na sl. 3d time, da je čvoru 9 dana zaokrenuta brzina $w_9' = \overline{9\,12}$. Ordinate uticajne linije za pojedine čvorove donjeg pojasa određene su obrascima (1′) i (2′), postavljenima u prvom primjeru, u kojima je $e = h$ = projekcija dužine 9—9′ na vertikalu, $c_1 = \overline{11'}$, $c_m = \overline{mm'}$.

Plan brzina za određivanje uticajne linije sile u dijagonalnom štapu 10a—11 prikazan je na sl. 3d desno. Pretpostavljeno je, da čvor 10 dobiva zaokrenutu brzinu $w' = \overline{10\,10'}$, vertikalno prema dolje. U obrascima (1′) i (2′) za određivanje ordinata uticajnih linija ovdje je $e = 1 \cdot \sin\varphi$, $c_1 = 1/2$, $c_m = 1/2$.

Planovi brzina na sl. 3d jasno pokazuju dualan odnos postupka plana brzina i Williotova postupka.

Uspoređenje uticajnih linija za sile u štapovima nosača sa sistemom rešetke po sl. 2 (bez pomoćnih vertikala) i po sl. 3 (sa pomoćnim vertikalama) pokazuje značajnu elastostatičku prednost nosača s pomoćnim vertikalama, na koju se naišlo prilikom jednog konkursa za projekt mosta [8]. Zbog pravilnog oblika uticajnih linija taj nosač pokazuje mnogo povoljnije elastične linije, naročito u slučaju opterećenja na relativno malim dužinama u srazmjeru prema rasponu grede.

4. Prosta greda sa četverodjelnom rešetkom (sl. 4).

Za taj sistem rešetkastog nosača u literaturi je prikazan jedan postupak grafičkog iznalaženja uticajne linije za silu u jednoj od krajnjih dijagonala pomoću plana brzina, po kojemu se polazi direktno od kinematičkog lanca dobivenog uklanjanjem te dijagonale, dajući virtualan pomak jednom od čvorova gdje je ona priključena [5]. Postupak ima bitan nedostatak, da je rješavanje po njemu relativno složeno, jer bazira na primjeni Saviottijeve »méthode de la fausse position« [9]. Za stanoviti broj čvorova treba odrediti dva probna položaja tačaka u planu brzina, a tek iz njih se konstrukcijom dobivaju ispravni položaji, s kojima se nastavlja i završava izrada plana brzina.

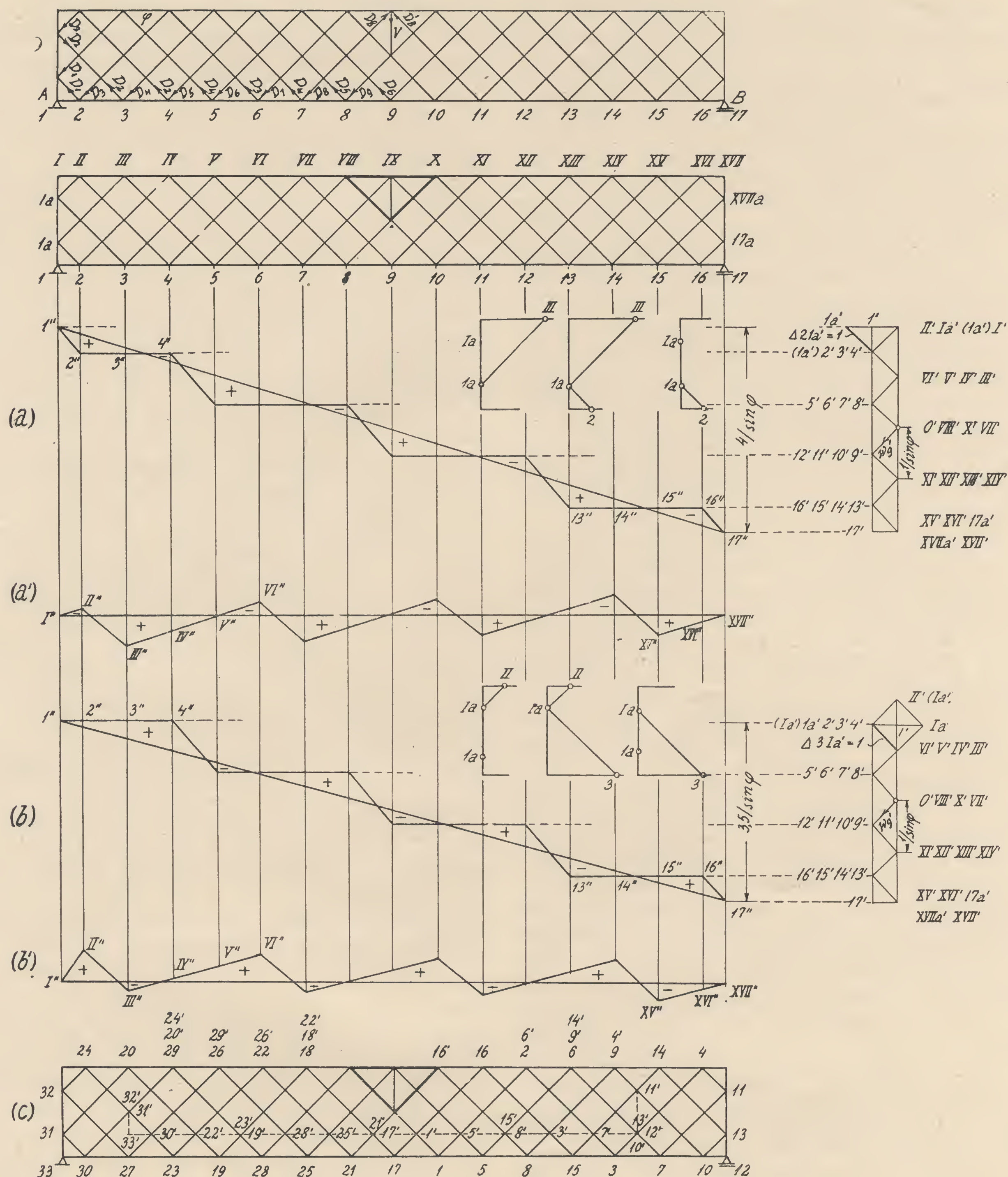
Dalje je iz literature poznat postupak za iznalaženje uticajne linije sile u drugoj silaznoj dijagonali tog rešetkastog nosača pomoću plana brzina, po kojemu se polazi od pretpostavljene brzine čvora na donjem pojasu uz simetralu [1]. Pri crtanju plana brzina iskorišćuje se činjenica, da su deformacije kinematičkog lanca vrlo malene, pa se dijelovi pojasa, sastavljeni od tri štapa, koji se deformiraju iz pravca u poligon, mogu tretirati kao pravi.

Plan brzina ima vrlo jednostavan oblik (v. sl. 4d), no njegova izrada zahtijeva dosta pažnje, jer se čvorovi ne obilaze po nekom jasnom, pravilnom redu, a ni ne spominje se, da se izmjenom reda obilaženja čvorova pri kraju izrade plana brzina može dobiti drugačiji rezultat.

Ovdje će biti prikazan jednostavan način iznalaženja uticajnih linija za sile u prve dvije silazne dijagonale pomoću Williotovih planova pomaka. Polazi se od po volji odabranog pomaka za srednji čvor donjeg pojasa u pravcu jedne dijagonale, proizvedenog pri deformaciji rešetke zbog promjene dužine jednog prethodno neodređenog štapa na lijevom njezinom kraju. Idući sasvim određenim redom po čvorovima dobiva se vrlo pregledan Williotov plan, a razmatranje položaja tačaka tog plana za čvorove na krajnjoj vertikali dovodi do zaključka, na koju od krajnjih dijagonala se odnosi uticajna linija, dobivena crtanjem plana. Kako će veličina pretpostavljenog pomaka srednjeg čvora donjeg pojasa posredno dati i mjerilo za ordinate uticajne linije, može se taj način iznalaženja uticajne linije shvatiti i kao direktan postupak.

U Williotovu planu pomaka na sl. 4a desno prvo su, uz pretpostavku, da ostaje na miru kruta ploča O—VIII—X i da je čvoru 9 dan pomak $w_9' = \overline{O9'}$, konstruisane tačke, koje odgovaraju čvorovima na lijevoj polovici nosača, i to ovim redom: VII′, 8′, 7′, 6′, 5′, VI′, V′, IV′, III′, 4′, 3′, 2′, II′. Za konstrukciju tačaka Ia′ i 1a′ postoji nekoliko mogućnosti.

Odredi li se najprije tačka Ia′ iz t. II′ i 3′, dobivaju se s njom za t. 1a′ dva različita položaja, i to jedan polazeći od tačaka III′ i Ia′, a drugi polazeći od tačaka 2′ i Ia′; osim toga se za nju dobiva i treći položaj, ako se pođe od tačaka 2′ i III′. (V. skice ispod uticajne linije na sl. 4a i gornji dio Williotova plana pomaka na istoj slici.) Činjenica, da se za čvor 1a dobivaju u Williotovu planu pomaka tri tačke i prema tome tri pomaka, ukazuje na to, da je deformacija rešetke proizvedena promjenom dužine jednoga od štapova, kojima je čvor 1a priključen na čvorove Ia i III odn. 2 i III odn. Ia i 2. Stvarno, pretpostavi li se, da se mijenja dužina štapa 2—1a za iznos $\Delta s_{2-1a} = 1$, dobiva se u Williotovu planu pomaka samo jedan položaj tačke 1a′ i prema tome samo jedan pomak za čvor 1a, w_{1a}'. Time su definitivno konstruisane tačke plana pomaka za lijevu polovicu ploče, pa se može prijeći na konstruisanje tačaka za desnu polovicu. Redom se određuju tačke. 10′, 11′, 12′, XI′, XII′, XIII′, XIV′, 13′, 14′, 15′, 16′, XV′, XVI′, XVIIa′, XVII′, 17a′ 17. U tom drugom dijelu Willitova plana ne dolaze u obzir, razumije se, različiti položaji tačaka za čvorove XVIIa i 17. Pro-



Sl. 4a-c

jekcijom tačaka 1′, 2′, 3′, ..., 17′ na vertikale kroz korespondentne čvorove donjeg pojasa dobivena je na sl. 4a lijevo uticajna linija sile $S_{2-1a} = D_1$ u prvoj silaznoj dijagonali za slučaj, da je donji pojas teretni pojas, sa $\Delta s_{2-1a} = \overline{2'1a'}$ kao jedinicom mjerila i pravcem 1″—17″ kao apscisnom osi. Isto tako može se projekcijom tačaka I′, II′, III′, ..., XVII′ dobiti uticajna linija sile $S_{2-1a} = D_1$ za slučaj, da je gornji pojas teretni pojas. Ta linija prikazana je na slici 4a′ sa horizontalnom apscisnom osi. Ona se može dobiti horizontalnom i kosom projekcijom tačaka plana pomaka, na način pokazan u narednim primjerima 5 i 6 (v. sl. 5b, 6a i 6b).

Odredi li se, naprotiv, u planu pomaka najprije tačka 1a′, iz t. 2′ i III′, dobivaju se za tačku Ia′ tri položaja, jedan iz tačaka II′ i 1a′, drugi iz tačaka II′ i 3′, treći iz tačaka 1a′ i 3′. (V. skicu iz-

nad sl. 4b i gornji dio Williotova plana na sl. 4b desno). Samo jedan položaj za tačku Ia′ se dobiva, ako se uzme, da štap 3—Ia mijenja dužinu za $\Delta s_{3-1a} = 1$. Prema tome se iz neznatno — samo na vrhu — izmijenjenog plana pomaka dobiva i uticajna linija za silu u drugoj silaznoj dijagonali S_{3-1a}. Ta uticajna linija prikazana je na sl. 4b za slučaj, da se tereti prenose u čvorovima donjeg pojasa.

Sl. 4b′ prikzuje uticajnu liniju za silu u istom štapu za slučaj da pokretni teret napada u čvorovima gornjeg pojasa, nacrtanu sa horizontalnom apscisnom osi.

Kako promjena dužine štapa $\Delta \overline{3\,\mathrm{Ia}'} = 1$ ima smjer od čvora Ia prema čvoru 3, pa prema tome predstavlja skraćenje štapa, imaju uticajne linije na sl. 4b i 4b′ pozitivne ordinate iznad apcisne osi.

Da se pošlo od po volji odabranog pomaka $w_9{}'$ u pravcu dijagonale 9—VII, dobile bi se uticajne linije za sile u simetrično položenim štapovima na desnoj strani nosača.

Iz jedne od tako dobivenih uticajnih linija, D_1 ili D_2, mogu se lako izračunati uticajne linije za sile u svim ostalim štapovima rešetkastog nosača. Iz statičkog uslova $\Sigma Y = 0$ za dio nosača lijevo od vertikalnog prereza kroz prvo polje:

$$2\,D_1 \sin\varphi + 2\,D_2 \sin\varphi - A = 0$$

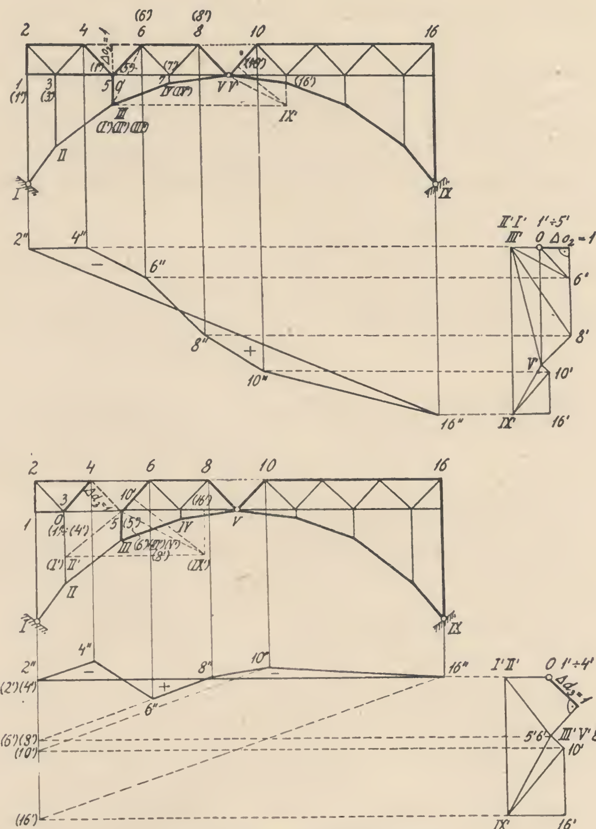
mogu se izračunati ordinate uticajne linije D_2 iz ordinata linije D_1 i obrnuto. (Ta jednadžba daje i jednostavnu kontrolu grafički konstruisanih uticajnih linija D_1 i D_2.) Obrasci za rekursiono izračunavanje uticajnih linija za sile u ostalim dijagonalama dobivaju se postavljanjem uslova ravnoteže $\Sigma Y = 0$ za isječene čvorove opterećenog pojasa; obrasce za rekursiono izračunavanje uticajnih linija za sile u pojasnim štapovima daju uslovi ravnoteže $\Sigma X = 0$ isječenih čvorova na pojasu, kojemu pripadaju ti štapovi.

Za uspoređenje dan je na sl. 4c plan brzina za određivanje uticajne linije D_2.

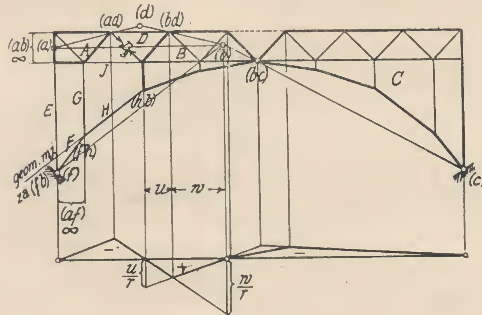
5. Trozglobni luk po sl. 5.

a) Uticajna linija za silu O_2 u gornjem pojasnom štapu 4—6 (sl. 5a). Pri produženju tog štapa za $\Delta o_2 = 1$ sistem se deformira kao kinematički lanac sastavljen od tri krute ploče i četiri pojedinačna štapa. Uz pretpostavku, da ostaje na miru prva ploča i da je uklonjeno desno oslonačko ležište, nacrtan je na sl. 5a Williotov plan pomaka. Redom su konstruirane tačke 6′, III′, II′, I′, 8′, V′, IX′, 10′, 16′. Uticajna linija dobivena je projekcijom pomaka čvorova gornjeg pojasa i povlačenjem apscisne osi 2″—16″. Na skici nosača nacrtan je povrh toga Williotov plan zaokrenut za 90⁰. Pri tome su tačke (8′) i (V′) određene jednostavnije pomoću tačke (7′).

b) Uticajna linija za silu D_3 u dijagonalnom štapu 4—5 određena je na sl. 5b kao elastična linija gornjeg pojasa kinematičkog lanca, sastavljenog od tri krute rešetkaste ploče i šest pojedinačnih štapova. I ovdje je za prvi korak određivanja uticajne linije pretpostavljeno, da ostaje na



Sl. 5a (gore) i 5b (dolje)



Obrazloženje. Kinematički lanac sastoji se od ploča (odn. štapova) *A* do *J*, od kojih su ploče *A* do *D* mjerodavne za određivanje uticajne linije. Polovi *(c)*, *(ad)*, *(bd)* i *(bc)* mogu se odmah ustanoviti. Glavni pol *(a)* leži na osi štapa *E*, glavni pol *(b)* na pravcu *(c)*—*(bc)*. Sada treba prvo odrediti nekoliko pomoćnih polova. Pol *(f)* podudara se s lijevim oslonačkim zglobom. Kako sporedni polovi *(ab)*, zbog paralelnosti štapova D i J, i *(af)*, zbog paralelnosti štapova *E* i *G*, leže u neizmjernosti, mora i sporedni pol *(fb)*, koji pada u njihovu spojnicu, biti neizmjerno daleka tačka. Sa druge strane, on pada na pravac *(hb)* — *(hf)*, pa prema tome leži neizmjerno daleko na tom pravcu. Spojna linija glavnog pola *(f)* i sporednog pola *(fb)* paralelna je dakle s pravcem *(hb)*—*(hf)*. Ona daje drugo geometrijsko mjesto za glavni pol *(b)*, koji je time određen. Sada je poznat i pol *(a)* kao presjecište štapa *E* s paralelom prema štapu *D* (odn. *J*) kroz glavni pol *(b)*. Pol *(d)* dobiva se konačno kao presjecište pravaca *(a)* — *(ad)* i *(b)* — *(bd)*. Prema tome su polnim planom utvrđene nul-tačke uticajne linije za D_3, tako da se ona može nacrtati na poznati način.

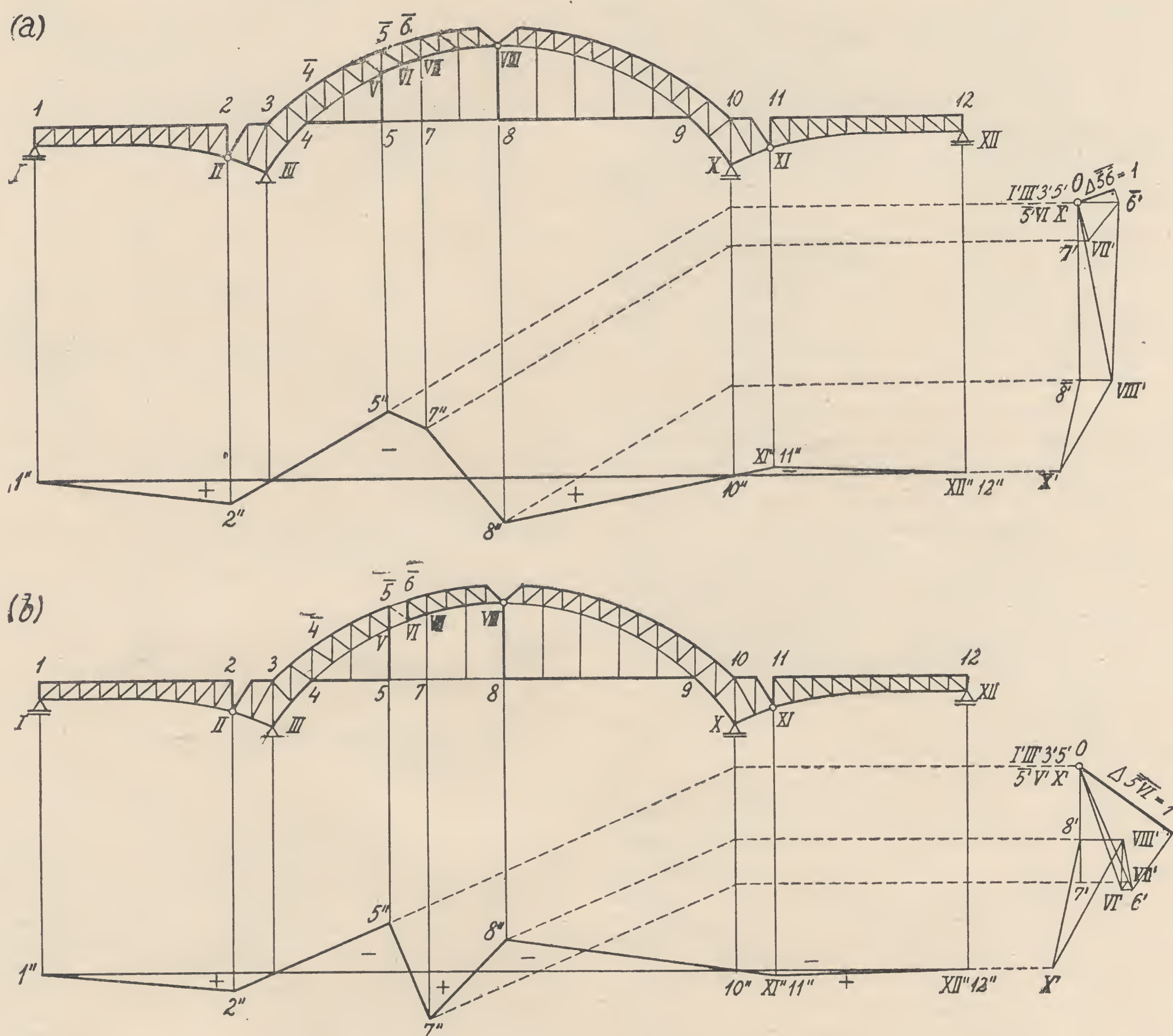
Sl. 5c

miru prva ploča i da je uklonjeno desno oslonačko ležište. Uticajna linija je dobivena iz Williotova plana s horizontalnom apscisnom osi time, što su točke plana pomaka, koje odgovaraju čvorovima teretnog pojasa, projicirane prvo horizontalno na vertikalu kroz lijevo oslonačko ležište, a odatle koso (paralelno s pravcem *(16′)* — 16″) na vertikale kroz čvorove teretnog pojasa.

Za uspoređenje prikazana je na sl. 5c konstrukcija te uticajne linije pomoću plana polova, s obrazloženjem preuzetim iz literature [2]*. Tu se jasno pokazuje prednost Williotova postupka.

6. Složeni rešetkasti nosač preko tri polja po sl. 6. (U srednjem polju trozglobni lučni nosač s prepustima i zategom iznad ležišta.)

a) Uticajna linija za silu u gornjem lučnom pojasnom štapu $\bar{5}$—$\bar{6}$. (Sl. 5a). Pri produženju štapa $\Delta\,\bar{5}—\bar{6} = 1$ deformira se nosač kao kinematički lanac sastavljen od pet krutih rešetkastih ploča i pet pojedinačnih štapova (u srednjem polju). Za prvi korak određivanja uticajne linije pretpostavljeno je, da ostaje na miru druga kruta rešetkasta ploča i da je uklonjeno treće ležište. Pola-



Sl. 6a-b

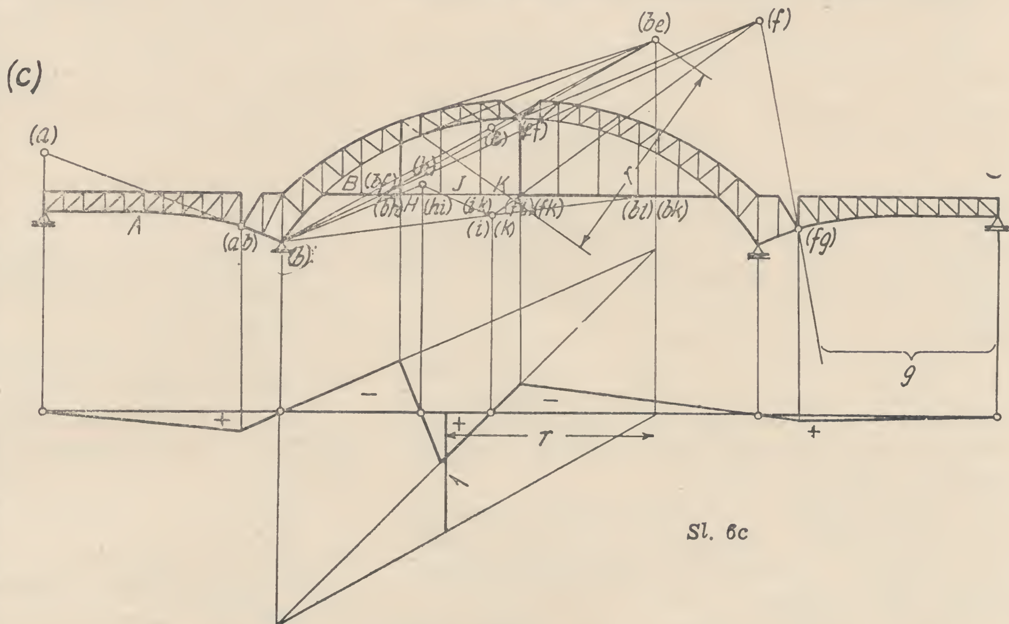
zeći od produženja štapa $\Delta\bar{5}—\bar{6} = 1$ konstruisane su u Williotovu planu na sl. 5a redom tačke 6′, VII′, 7′, VIII′, 8′, X′. (Presijecanje dvaju pravaca pod oštrim kutem za konstrukciju tačke VIII′ može se izbjeći tako, da se ta tačka odredi iz dviju prethodno konstruisanih tačaka gornjeg i donjeg lučnog pojasa na sredini krute ploče $\bar{6}$ VIII VI.) Tačke Williotova plana, koje odgovaraju čvoro-

* Osnov obrazloženja su ovi stavci kinematičke teorije sistema nosača: *a)* Oba glavna pola dviju ploča međusobno povezanih zglobom i njihov sporedni pol leže na jednom pravcu; zglobna tačka je sporedni pol. Stavak vrijedi i za slučaj da dvije ploče nisu povezane zglobom nego pomoću dva štapa; sporedni pol se onda nalazi u presjecištu tih štapova. *b)* Tri sporedna pola triju ploča, povezanih zglobom između prve i druge odn. druge i treće ploče u niz ploča, leže na jednom pravcu.

vima teretnog pojasa, projicirane su prvo horizontalno na vertikalu kroz desno lučno ležište, a odatle koso na vertikale kroz čvorove teretnog pojasa. Time dobivena uticajna linija sa horizontalnom apscisom osi 3″ — 10″ produžena je van lučnih ležišta do vertikala ispod zglobova u krajnjim poljima, a odatle je povučena prema nultačkama ispod krajnjih ležišta.

b) Uticajna linija za silu u lučnoj dijagonali 5—VI konstruirana je na analogan način na sl. 6b, polazeći od produženja štapa $\Delta\overline{5}$—VI = 1.

Za uspoređenje prikazana je na sl. 5c konstrukcija iste uticajne linije pomoću plana polova, s obrazloženjem preuzetim iz literature [3]. I ovdje se pokazuje neosporna prednost Williotova postupka za grafičko iznalaženje uticajne linije.



Sl. 6c

Obrazloženje. *(be)* je presjecište pojasnih štapova *C* i *D*, koje se eventualno može izračunati. *(ie)* je neizmjerno daleka tačka vertikale; prema tome *(bi)* leži na vertikali kroz *(be)*, sa druge strane na *(bh)* — *(hi)*. S istih razloga leži *(bk)* na vertikali kroz *(be)*, sa druge strane na *(bi)* — *(ik)*. Odatle slijedi, da *(bi)* i *(bk)* padaju u jednu tačku. Sada se dobiva *(bf)* iz *(bk)* — *(kf)* i *(be)* — *(ef)*. Kako u konkretnom slučaju *(bh)* do *(kf)* leže na horizontali, mogao bi se zaključak izvesti kraće. S razloga, koji će se kasnije ispoljiti, trebalo je ipak odrediti *(bk)*. Stoga se pošlo putem, koji se mora odabrati, ako označeni sporedni polovi ne leže na horizontali. Pomoću *(b)* — *(bf)* nađe se sada *(f)* na vertikali kroz ležišnu tačku i dalje *(g)* kao presjecište *(f)* — *(fg)* i vertikale kroz ležišnu tačku. *(e)* se može naći iz *(b)* — *(be)* i *(f)* — *(fe)*. Presijecanje tih pravaca je međutim tako oštro, da je bolje prije odrediti *(k)* iz *(b)* — *(bk)* i *(f)* — *(fk)*. Sada se dobiva *(e)* na vertikali kroz *(k)*. Sa *(k)* se podudara *(i)*, jer *(i)* leži na vertikali kroz *(e)* i na *(b)* — *(bi)*. *(h)* se dobiva iz *(i)* — *(ih)* i *(b)* — *(bh)*. Sporedni pol *(bh)* leži između *(b)* i *(h)*. Promjena dužine $+\Delta s$ proizvodi smanjenje rubnog kuta *BH*, prema tome je ordinata u *(bh)* negativna. Crtanje uticajne linije, određivanje ordinate g_z u N_b vidi se iz slike.

U našoj su se stručnoj štampi posljednjih godina pojavila dva rada u kojima se tretira grafičko iznalaženje uticajnih linija za sile u štapovima rešetkastih sistema nosača. Planovi brzina, dobiveni na način izložen prvom od tih radova za elementarno građene rešetke (V. Andrejev i D. Moric: »Upotreba kinematičkih planova brzina za rješavanje rešetkastih nosača«, Naše Građevinarstvo 1955, br. 2), svakako se ne mogu preporučiti za iznalaženje uticajnih linija. Treba međutim istaći, da je primjena tih planova za tu svrhu pokazana samo usput, kao jedna mogućnost iskorištenja izvedenih planova brzina. Postupak izložen u drugom od tih radova (V. Andrejev: »Konstrukcija uticajnih linija za sile u štapovima neelementarnih rešetaka pomoću kinematičkih planova brzina«, Građevinar 1958, br. 11) namijenjen je isključivo iznalaženju uticajnih linija. Apstrahirajući ucrtavanje zaokrenute slične figure rešetkastog nosača — koje je u obrađenim slučajevima sasvim nepotrebno, jer se pokretno ležište nosača pomiče po horizontalnoj podlozi — prikazani postupak je identičan sa varijantnim načinom iznalaženja uticajnih linija pomoću planova brzina, t. j. s upotrebom planova nezaokrenutih brzina, koju je Müller-Breslau izložio u svom fundamentalnom djelu*. U istom radu pokazani »postupak za crtanje polarnog plana« (t. j. postupak za neposredno dobivanje uticajnih linija sa horizontalnom apscisom osi) dvostrukom probnom konstrukcijom plana nezaokrenutih brzina, a to znači po Saviotti-jevoj »metodi krivog položaja«, predstavlja sasvim suvišnu komplikaciju. Kako je naprijed pokazano, uticajna linija sa horizontalnom osi lako se može dobiti iz plana nezaokrenutih brzina jednostavnom kosom projekcijom tačaka plana na vertikale kroz čvorove nosača.

---

* [1] 3 izd. 1901, § 53, t. 219, sl. 449b ili 6 izd., 1926, § 55, t. 253, sl. 555b.

LITERATURA

1. Müller-Breslau, H.: Graphische Statik der Baukonstruktionen, Bd. I. A. Kröner, Leipzig. 5. izd., 1927, (§ 54 i 55).
2. Kaufmann, W.: Statik der Tragwerke, J. Springer, Berlin. 3. izd., 1949. (Str. 82—102.)
3. Grüning, M.: Statik des ebenen Tragwerkes. J. Springer, Berlin, 1925. (Glava IIe, str. 161—199.)
4. Stüssi, F.: Statique appliquée et résistance des matériaux. I. Dunod, Paris. 1947. (str. 123—130.)
5. Prokofjev, I. P.: Teorija sooruženii. Moskva 1947. (Str. 127—134).
6. Ostenfeld, A.: Technische Statik. B. G. Teubner, Leipzig. 1904. (§ 66, str. 276 sq.)
7. Krabbe: Der Rautenträger mit Anschluss der Querträger an Hilfspfosten in den Kreuzungsstellen der Streben. Die Bautechnik, 1929, sv. 8.
8. Ernst: Wettbewerbentwürfe für die Rheinbrücke Mannheim — Ludwigshafen. Die Bautechnik 1929, sv. 6, 9 i 14.
9. Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, IV/1, Art. 35. B. G. Teubner, Leipzig, 1901—1908.

O ZAKONSKIM PREDLOZIMA ZA SAVU, NERETVU I MORAVU

Ing. **Ivan Milković**, Zagreb

(Nastavak iz br. 9)

Po objavljivanju podataka zakonskog prijedloga za rijeku Savu prelazimo na materijale prijedloga za rijeku **Neretvu.**

Neretva ima tok duljine 230 km.

Od većih pritoka prima sa desne strane Neretvicu, Rakitnicu, Drežnicu, Ramu, Radobolju, Jasenicu i Trebižat, a sa lijeve strane Bunu i Bregavu. Orografski sliv imade površinu od 5 581 km², no hidrografski i preko 10 000 km².

U gornjem dijelu toka, t. j. od izvora kod Gredelja pa do Bijelog polja, nema poljoprivrednih površina podesnih za intenzivno iskorišćivanje. Veliki pad tog dijela, klisurasta dolina, kroz koji protiče, daje velike mogućnosti energetskog iskorišćenja.

U srednjem toku, t. j. od Salakovca do Počitelja, pored mogućnosti energetskog iskorištenja postoje znatne poljoprivredne površine, koje zahtijevaju uređenje vodnog režima u cilju intenzivne poljoprivredne proizvodnje.

U donjem toku od Počitelja prema moru Neretva ima znatno manji pad i protiče dolinom, koju je sama formirala i kroz koju brojnim meandrima utiče u more.

Po svom položaju dolina Neretve otvara područje sliva prema Jadranu i izlaže ga jakom utjecaju mediteranske klime. Taj se utjecaj naročito osjeća do Bijelog Polja uzvodno od Mostara, kao i u svim dolinama pritoka nizvodno od Mostara.

Znatna insolacija, visoke temperature i godišnje sunce ukazuju, da praktički nema prekida vegetacije, ukoliko se riješi pitanje vode.

Zahvaljujući tome, to područje u odnosu na ostala područja u zemlji ima poseban položaj, jer može dati besprekidnu poljoprivrednu proizvodnju.

Iako je na području znatan godišnji prosjek oborina, one su po godišnjim dobima vrlo nepovoljno raspoređene. Ljeti padne svega 9,7%, tako da zbog jakih suša zamire vegetacija. Neujednačenost podjele oborina uslovljava i režim voda, čiju karakteristiku daje najbolje odnos malih i velikih voda (29 m³/sek prema 2804 m³/sek).

Da bi se mogli iskoristiti postojeći prirodni i klimatski uslovi i doći do optimalne besprekidne proizvodnje, treba, uz odgovarajuće agromelioracione mjere, provesti kompleksne melioracione radove, i to:

— uređenje bujica sa zaštitom tla od erozije,
— regulacijom vodotoka i odbrane od poplave,
— odvodnjavanja i navodnjavanja zemljišta.

Od površina sliva srednjeg i donjeg toka, koja iznosi 3900 km², otpada na poljoprivredno zemljište 20% ili 78 000 ha.

Na jednog stanovnika dolazi svega 0,27 ha ili 30% jugoslovenskog prosjeka.

Sama poljoprivredna površina nalazi se u otvorenim riječnim dolinama ili razbacanim zatvorenim kraškim poljima po slivu.

Sva ta polja povezana su međusobno hidrografski, tako da čine hidrološki cjelinu, koja zahtijeva kompleksno i jedinstveno vodoprivredno rješenje.

Prema razrađenim elaboratima ukupna površina, na kojoj treba provesti melioracije, iznosi:

bruto	62 726	neto	52 427 . .	100%
od toga:				
U NR BiH	42 512	„	35 070 . .	67%
U NRH	20 214	„	17 357 . .	33%

Ta površina nalazi se u 14 melioracionih područja, koja su uklopljena u četiri osnovna hidrosistema, koja zajedno čine melioracioni sistem Neretve:

1. Donja Neretva,
2. Vrlika — Trebižat,
3. Bijelo i Bišće polje sa Mostarskim Blatom,
4. Dubrave, Vidovo polje i polja uz Neretvu.

Za kompleksno rješenje potrebno je uložiti:

Hidrosistem	Melioraciona površina u ha			Investicija u milionima		
	Svega	NR BiH	NRH	Svega	NR BiH	NRH
1. Donja Neretva	13 461	4 626	8 835	11 027	5 149	5 878
2. Vrlika — Trebižat	25 355	17 150	8 522	11 655	6 985	4 670
3. Bijelo i Bišće polje sa Mostarskim Blatom	10 230	10 230	—	5 804	5 804	—
4. Dubrave, Vidovo polje i polja uz rijeku Neretvu	3 381	3 381	—	1 875	1 875	—
Ukupno:	52 427	35 387	17 357	30 361	19 813	10 548

Od ukupnog iznosa investicija 30 361 miliona dinara na teritorij NR Hrvatske otpada 34,5% ili 10 548 miliona dinara.

Uz iste uslove financiranja, t. j. da se uređenje bujica i zaštita od erozije financira 70% iz saveznih a 30% iz ostalih izvora, regulacije i odbrane od poplave iz saveznih sredstava, odvodnjavanje i navodnjavanje — osnovni projekti — iz saveznih sredstava, a detaljna mreža s objektima — iz ostalih, imamo financiranje po izvorima:

U milionima

Hidrosistem	Svega	Izvori financiranja		Od toga u NRH Svega	Izvori financiranja	
		Savezni	Ostali		Savezni	Ostali
1. Donja Neretva	11 027	6 441	4 586	5 878	2 700	3 178
2. Vrlika — Trebižat	11 655	6 548	5 107	4 670	3 278	1 392
3. Bijelo i Bišće polje sa Mostarskim Blatom	5 804	2 650	3 154	—	—	—
4. Dubrave, Vidovo polje i polje uz rijeku Neretvu	1 875	807	1 068	—	—	—
Ukupno:	30 361	16 446	13 915	10 548	5 978	4 570

S tim ulaganjima postigli bi se ovi efekti:

Regulacije u km
Površine u ha

Hidrosistem	Melioracione površine	Uređenje bujica	Regulacije km Odbrana od poplave	Odbrana od brdskih voda	Odvodnjavanje	Navodnjavanje
1. Donja Neretva	13 461	—	11,6 13 461	8 233	13 461	12 342
2. Vrlika — Trebižat	25 355	27 578	43,0 13 263	5 683	23 053	25 355
3. Bijelo i Bišće polje sa Mostarskim Blatom	10 230	856	2 800	700	3 600	10 230
4. Dubrave, Vidovo polje i polja uz rijeku Neretvu	3 381	402	—	—	—	3 381
Ukupno:	52 427	28 836	54,6 29 524	14 616	40 114	51 308

Od toga u NR Hrvatskoj

Hidrosistem	Melioracione površine	Uređenje bujica	Regulacije km odbrana od poplava	Odbrana od brdskih voda	Odvodnjavanje	Navodnjavanje
1. Donja Neretva	8 835	—	8 835	4 373	8 835	8 163
2. Vrlika — Trebižat	8 522	3 810	km 15 8 522	4 400	8 522	7 529
Ukupno:	17 357	3 810	km 15 17 357	8 803	17 357	15 692

Od ukupne melioracione površine ima društvene imovine 12 282 ha.

Provedenim radovima — na bazi otkupa — cijeni se, da će ta imovina porasti na 13 051 ha.

Od te imovine otpada na teritorij NR Hrvatske oko 5 300 ha ili 40%.

Odnos melioracione površine i društvene svojine na teritorij NR Hrvatske iznosi 30%.

Investicijama za melioracione radove treba dodati i prateće investicije:

— agromelioracije	1 026 mil. dinara
— objekti i oprema u biljnoj proizvodnji	7 780 „ „
— višegodišnji zasadi	4 998 „ „
— stoka, objekti i oprema u stočarstvu	9 654 „ „
Svega:	23 466 mil. dinara

Račun rentabiliteta proveden je za svako melioraciono polje kao cjelinu, bez obzira na postojeće republičke granice. Iz njega se vidi ovo:

	Sadanje stanje:	Buduće stanje:
Ukupna površina	62 724	62 724
Od toga:		
poljoprivred. površine	47 414	51 678
U tome:		
obradivo	38 096	51 308
pašnjaci	9 317	371

Povećanje obradive površine iznosi 35% sadanje površine.

— Osiguranjem stabilne i besprekidne poljoprivredne proizvodnje prosječan dohodak od poljoprivredne proizvodnje, računat po sadanjim cijenama produkata i reprodukcionog materijala, ide sa 2 699 miliona na 16 738 miliona — povećanje 14 039 miliona godišnje.

— Vrijednost biljne proizvodnje provećava se sa 3 852 miliona na 28 433 miliona, dakle za 7 puta u odnosu na sadanje stanje i omogućava držanje dva uslovna grla po 1 ha poljoprivredne površine.

Kod rješavanja pitanja snabdijevanja vodom — kao i odnosa pojedinih hidrosistema, iznijet ćemo u najkraćim crtama njihove karakteristike:

1. Hidrosistem Donja Neretva

Obuhvata Neretvu s lijevom i desnoobalnim poljima od Počitelja do mora.

Polja uz Neretvu jesu Počiteljsko, Tasovčić i Goričko polje. Ona se nalaze na teritoriju NR Bosne i Hercegovine.

Regulacija Neretve od Čapljine do Metkovića —na teritoriju NR Bosne i Hercegovine.

Donjo Neretvanska blatija podjeljena u područja i to: Opuzen-ušće, Rogotin—Kuti, Luke, Vid —Norin, Svitava—Derani.

Područje Svitava—Derani nalazi se cijelo na teritoriji NR Bosne i Hercegovine.

Područje Vid—Norin samo manjim dijelom, t. j. od 2.550 ha na teritoriju NR Bosne i Hercegovine nalazi se 470 ha.

Kod razmatranja u melioracione zahvate nisu ušle površine mlađeg treseta, čija sposobnost za melioraciju nije dovoljno proučena. Ta je površina oko 1425 ha, od čega je u području Kuti 900 ha i 525 ha u području Svitave—Derani.

Njihovo pitanje studirat će se dalje, i ako se pokaže da je moguće i rentabilno izvesti melioraciju i tih dijelova, izvest će se, jer je u pitanju opće narodna imovina. .

Kod tog područja najvažnije je rješenje pitanja borbe protiv zaslanjivanja — i to za područja Opuzen—ušće, Luke, Vid—Norin i Kute.

Zemljišta u području Svitave—Derani i u poljima uz Neretvu nisu zaslanjena.

Donji tok Neretve je pod utjecajem oscilacije mora. Nizvodno od Metkovića, u dužini od oko 4 km, vode rijeke Neretve, Misline, Male Neretve i Crepine toliko su zaslanjene, da ne dolaze u obzir za navodnjavanje.

Nakon izgradnje brane NE Jablanica, salinitet voda nizvodno od Metkovića smanjio se u danima pogona, t. j. kad je protok u Žitomisliću bio veći od ranijih, no on se povećao, kad je prekinut rad i protok bio manji od ranijih.

U septembru mjesecu 1954 godine, zbog zatvaranja rada i rada kao vršne centrale, pao je protok na 21 m^3/sek, što je dovelo do povećanja saliniteta u površinskom sloju vode Neretve kod Metkovića na 290 a Opuzena 4460.

HE Jablanica nema vodoprivredne suglasnosti za svoj rad, jer tada nisu postojali odgovarajući propisi. Njen rad nije ničim ograničen, niti su propisani uslovi puštanja minimalnih količina, tako da se i u dnevnom prekidu u ljetnim mjesecima nadiranje plime osjeća povećanjem saliniteta.

Zbog daljnjeg energetskog iskorištenja, kao i omogućavanja navodnjavanaj Bijelog i Bišća polja, gradi se akumulacija Salakovac, čiji je zadatak da prvenstveno izravna neravnomjerni dotok iz HE Jablanice i iz svog basena ispušta stalno i bez prekida potrebne količine vode u ljetnim mjesecima za suzbijanje saliniteta i omogućavanja navodnjvanja.

Vodne količine, koje treba da pušta brana Salakovac, jesu:

— za obezbjeđenje dosadanjeg minimalne protoke u Žitomisliću	28 m^3/sek
— za navodnjavanje polja uz Netretvu	1,05 m^3/sek
— za navodnjavanje polja Donjih Blatija	12,36 m^3/sek
Svega:	41,41 m^3/sek

Te se puštaju kroz turbine, t. j. iskorišćuje se pad.

— Za navodnjavanje Bijelog i Bišća polja vodna količina u iznosu od 5 m³/sek uzima se iz akumulacije, tako da je onda garantirani minimum za poljoprivredu 46,41 m³/sek

Navodnjavanje područja Donje Neretve riješeno je sa tri sistema. Za mala polja uz Neretvu, od kojih su tri na lijevoj, a tri na desnoj obali, predviđeni su pojedinačni sistemi za svako polje, kao i za Svitave—Derane.

Za lijevu stranu Neretvanskih Blatija predviđeno je kaptiranje iz Neretve uzvodno iz Metkovića i jednim sprovodnikom se navodnjava cijela strana, t. j. Kuti, Opuzen—ušće, u površini od 5 493 ha.

Za desnu stranu predviđen je zahvat iz Trebižata, dokle ima vode, a zatim iz Neretve, i jednim sprovodnikom navodnjava se cijela strana u površini od 3 319 ha.

Zbog zaslanjivanja kod odvodnjavanja postavlja se zahtjev za što većim sniženjem podzemnih voda, i to u jesen, zimu i rano proljeće, kako bi pale oborine ispirale soli iz tla.

Pored guste otvorene kanalske mreže projektirana je i podzemna drenaža, a sam rad crpki uredit će se tako, da kanalska mreža bude bez vode u jesen, zimi i u rano proljeće. Izgradnja sistema za navodnjavanje u prosjeku po neto ha kod ovog sistema stoji 248 000 Din. Najniže je u području Svitava—Derani 191 000 Din/ha, najviše u području Rogotin, 311 000 Din/ha.

2. Hidrosistem Vrlika—Trebižat

Okosnica tog sistema je najveća desna pritoka donjeg toka Neretve, troimena rijeka Tihaljina—Mlada—Trebižat i njeni pritoci.

Vrlika izvire u sjeverozapadnom dijelu Imotsko—Bekijskog polja, ponire na jugoistočnom dijelu istog polja, i javlja se kod mjesta Peć—Mlina kao Tihaljina do Kavazbašinog mosta, a odatle do Humca kao Mlade, a od Humca do ušća kao Trebižat.

Tom sistemu pripadaju ova melioraciona područja:

Vir—Posušje—Kočerin, Imotsko—Bekijsko Polje, Tihaljina—Mlade—Trebižat, Plato Brotnja, Rastok—Jezerac i Vrgorsko Jezero.

Nadmorska visina tih područja kreće se od kote 20—28 (Vrgorsko jezero) pa do kota 450—640 (Virsko—Posuško polje).

Od navedenih područja republičkom su granicom presječena područja Rastok—Jezerac i Imotsko—Bakijsko polje, dok se Vrgorsko jezero u cjelini nalazi na teritoriji NR Hrvatske.

Sva ostala polja su na teritoriji NR Bosne i Hercegovine.

Tihaljina—Mlade—Trebižat ima poslije izgradnje tunela Petnik 49,5 km dužinu toka, zatim preko 1,6 km tunela Petnik još 18,3 km Vrlike.

Slivno područje iznosi 1 249 km², a sa izgradnjom tunela Petnik kapaciteta 64 m³/sek bit će velika voda kod Humca na 304 m³/sek.

Sadanji kapacitet tunela Petnik iznosi 39 m/sek³. Njegovim proširenjem na 64 m³/sek., zajedno sa djelovanjem ponora Šainovac i drugih te retardacijom u Prološkom blatu, savladao bi se dotok Vrlike u količini od 120 m³/sek. U tom je sistemu glavni pritok Vrlike sa znatnim količinama voda Suvaja—Ričina bujica, koja izvire u Trebistovu (955 m). Kod Prološca na koti 288 ulazi u Imotsko—Bekijsko polje i jarugom »Suvaja« utiče u Vrliku.

Zbog smanjenja poplavnog talasa i obezbjeđenja vodom za navodnjavanje područja u izgradnji su dvije retenzije i predviđena je izgradnja dviju akumulacija.

Retenzija Prološkog Blata na koti 272 ima zapreminu od 15 miliona.

Retenzija Rastovača na pritoku Ričine, Topalu na koti 602 imade sadržinu od 24 miliona. Njena je zadaća, pored retenzije, i kolmacija Posuškog Polja.

Akumulacija Trebistovo na Ričini ima slivnu površinu 26 km², visinu pregrade 35 m, s usporenom vodom na koti 920. Korisna zapremina iznosi 16 miliona m³, dok je zapremina akumulacione vode 19 miliona m³. Njena izgradnja stajala bi 166 miliona Din, odnosno, po 1 m³ korisne zapremine, 10,40 Din. Ona pokriva potrebe navodnjavanja Virskog—Posuškog polja i Kočerinskog u površini od 4 525 ha.

Akumulacija Ričica

U kanjonu Suvaje sa visinom brane 65 m i kotom usporene vode na 400 m dobiva se akumulacija sadržine 44 miliona m³. U periodu opažanja od 1946 do 1958 prosječni srednji godišnji protok od 1,86 m³ omogućuje ne samo godišnje već i višegodišnje izravnanje.

Korisna zapremina iznosi 36 miliona m³, što uz troškove izgradnje od 1165 miliona Din daje po 1 m³ vode 32,36 Din.

Akumulacija potapa oko 200 ha poljoprivredne površine male produktivne vrijednosti i 48 seoskih zgrada.

Zadatak te akumulacije je popravak vodnog režima i osiguranje vode za navodnjavanje 11 032 ha, koliko iznosi površina Imotsko—Bekijskog polja, Plato-a Brotnjo i Vrgorskog jezera.

Od ukupnih 25 355 ha, koliko iznosi površina za navodnjavanje, snabdjelo bi se iz:

— akumulacije Trebistovo	4 525 ha,
— akumulacije Ričica	11 032 ha,
— iz vodnih tokova	9 798 ha.

Raspodjela troškova izgradnje akumulacija tereti područja, koja ona snabdijeva.

Troškovi izgradnje sistema za navodnjavanje kreću se od 192 500 Din po 1 ha kod Rastoka—Jezerca do 389 000 Din kod Blato-a Brotnjo. Prosjek za cio sistem iznosi 319 200 Din po 1 ha.

Kod rješavanja navodnjavanja zemljišta Vrgorskog jezera mora se propuštati količina od 0,6 m³/sek za napajanje izvora u primorju i desnom zaobalju Neretve.

Zbog zaštite akumulacija kao iz melioracionog polja Virsko—Posuškog, Imotsko—Bekijskog treba izvršiti saniranje bujičnog područja. Površina tog bujičnog sliva iznosi 318,6 km² sa 18 bujica, za uređenje toga potrebno je 657 miliona, od čega za radove u koritu 364 i u slivu 293 miliona. Taj iznos tereti prvo neposredna polja sa 37 400 Din po 1 ha i polja, koja snabdijevaju akumulacije vodom, sa 11 400 Din/ha.

3. Hidrosistem Bijelo i Bišće polje sa Mostarskim Blatom

Bijelo Polje počinje kod Salakovca i proteže se do Mostara; od Mostara do ušća Bune u Neretvu s obje strane pruža se Bišće Polje.

Oba Polja treba zaštititi od bujica i navodniti. Vodu za navodnjavanje obezbjedit će akumulacije HE Salakovac. Projektirana betonska-gravitaciona brana imala bi hidrauličku visinu 45 m i obezbjeđivala normalan uspor na koti 123. Ukupna zapremina iznosila bi 68 hm³, od čega bi pri koti 118 korisna zapremina bila 17 h³.

Centrala je pribranska i ukopana, smještena na lijevoj obali. S energetskog gledišta ekonomična su 2 agregata od po 180 m³/sek. Ona bi bila vršna, no sa garantovanim proticajnim minimumom u vegetacionom periodu, kako je već navedeno u hidrosistemu Donja Neretva.

Troškovi izgradnje bili bi 11 219 miliona, od čega na samu branu otpada 4 641 miliona, od čega je:

brana	3 163,
izmještaj pruge	556,
izmještaj puta	922

U troškovima izgradnje brane sudjeluje poljoprivreda sa 496 miilona Din.

Po 1 ha izgradnja sitsema za navodnjavanje iznosi prosječno za oba polja 535 000 Din.

Ukoliko se pokaže da se Dubrave u 4 hidrosistemu ne mogu snabdijevati vodom za navodnjavanje projektirane akumulacije na rijeci Zalomki i Nevesinjskom polju, to i za ovo područje treba obezbijediti 1,1 m³/sek, tako da bi se ukupno iz Salakovca moralo obezbijediti 47,5 m³/sek.

Mostarsko Blato je kraško polje na koti 380—300, jugozapadno od Mostara. Dosadanja odvodnja izgrađenim tunelom Mostarsko Blato—Jasenica u Bišću Polju, kapaciteta 40 m³/sek, riješena je parcijalno i ne zadovoljava.

Od tokova, koji dotiču u Mostarsko Blato, jesu: Međine, Voštani, Orovnik, Biogradska Draga i Ljuti Dolac. Njihovo uređenje, zahvat i uvod u glavni recipijent Listicu, riješeno je u vezi s odbranom od poplava i odvodnjavanjem, tako da se u najnižem dijelu predviđa retencija u površini od 900 ha i proširenjem tunela na kapacitet od 51 m³/sek. U vezi s time i regulacija Jasenice u Bišću Polju zbog prijema voda, koje će doticati iz Mostarskog Blata.

Za navodnjavanje dolazi u obzir neto površina od 3800 ha, koja treba 3382 lit/sek.

Izvor Lištice, Črnasnice i Zvatića obezbjeđuje 2483 lit/sek, manjak u iznosu od 899 lit/sek morao bi se pokriti crpljenjem podzemne vode, čije se rezerve cijene u šljunčanom nanosu na oko 3 miliona m³.

Po 1 ha neto navodnjene površine bili bi troškovi izgradnje 330 000 Din.

4. Hidrosistem Dubrave, Vidovovo Polje i polja u dolini Neretve

Taj sistem obuhvata područja: Dubrave, Vidovo Polje i polja uz Neretvu od Bune do Počitelja. Ta polja uz Neretvu imadu ukupnu površinu od 258 ha, koja se nalazi u Zitomisličkom, Biletičkom, Kruševičkom, Bivoljem brdu, Ševaš njivama i Surmanačkom polju.

Kod tih područja primarno je rješenje pitanja uređenja bujica i navodnjavanja, osim kod Dubrave, gdje treba riješiti samo pitanje navodnjavanja. Dubrave leže na visini od 150—280 m i omeđene su sa juga Bregavom, zapada Neretvom i sjevera padinama kraškog masiva.

Pitanje navodnjavanja rješava se u dvije varijante:

1. U Nevesinjskom polju na rijeci Zalomki podigla bi se akumulacija za obezbjeđenje navodnjavanja Nevesinjskog polja i ujedno Dubrave.

2. Uzima se voda iz Neretve, crpkama izgrađenim kod Bivoljeg brda. Troškovi izgradnje obje varijante su podjednaki i nema velike razlike. U pitanju su jedino troškovi poogna, jer se u drugom slučaju mora dizati voda na visinu od 250 do 300 m.

Kako geološki uslovi za gradnju brane nisu ispitani, to će se za izgradnju akumulacije uzeti najpovoljnija varijanta. Zasada su uzeti troškovi dviju varijanata, tako da po 1 hektaru izgradnje sistema za navodnjavanje iznosi u Dubravama 591 000 Din. Kod Vidova polja, koje se nalazi s obje strane Bregave kod Stoca, voda za navodnjavanje uzima se iz Bregave crpnim postrojenjem. Po 1 hektaru stajala bi izgradnja 210 000 Din/ha. Za polja uz Neretvu usvojeno je crpljenje vode iz Neretve za svako polje ponaosob.

Troškovi izgradnje sistema navodnjavanja po hektaru iznose u prosjeku 341 000 Din.

U cjelini uzeto po melioracionim radovima na Neretvi vidimo da je:

- prosječno ulaganje po svim vrstama radova na cijeloj površini iznosi po 1 ha 579 000 Din;
- prosječno ulaganje po radovima navodnjavanja po 1 ha navodnjene površine iznosi 339 000 Din;
- ulaganje po pojedinim melioracionim područjima za potrebe navodnjavanja kreće se u široj-

kim granicama i to: od 192 500 Din po ha kod Rastoka—Jezerca do 591 000 Din po 1 ha kod Dubrava;

— iskorištene su sve mogućnosti popravka postojećeg režima voda i snabdijevanja vodom tog aridnog područja;

— obuhvaćene su sve raspoložive poljoprivredne površine, koje se mogu privesti intenzivnoj besprekidnoj proizvodnji u kraju gdje po glavi stanovnika ima svega 30% jugoslovenskog prosjeka zemljišta pogodnog za poljoprivrednu proizvodnju;

— prosječno povećanje biljne proizvodnje iznosi 7 puta. Ono polazi po područjima od 4,2 puta kod Brotnja pa do 13,4 puta kod Bijelog i Bišća polja; iznad 12 puta povećava se biljna proizvodnja kod Donjih Blatija, polja uz samu Neretvu i Kočerinskog polja;

— takav porast biljne proizvodnje opravdava iznesena ulaganja;

— na društvenoj imovini omogućit će se stvaranje socijalističkih gazdinstava, što dosada nije bilo moguće.

MORAVA

Po svome značenju i površini sliva, koji obuhvaća 37 440 km^2, druga rijeka u zemlji. Njen sliv obuhvata 14,3% teritorija FNR Jugoslavije ili 41,5% ukupne površine NR Srbije.

Pored tog, nažalost, ono zauzima i prvo mjesto po neuređenosti sliva — podivljalosti brojnih pritoka, samog riječnog korita — stalnog pogoršavanja uslova oticanja, i povećanja broja učestalosti plavljenja terena, kao i činjenice da se dosada rješenju problema sliva Morave tako reći i nije poklanjala pažnja. Dokaz tome je i činjenica, da je ukupna vrijednost svih dosada izvršenih radova svega 4 621 miliona Din — svega 6% vrijednosti radova, koji bi se u ovoj etapi prema predviđenom programu trebali izvesti.

Pod nazivom Morava obuhvaćamo Veliku Moravu, Južnu i Zapadnu Moravu. Od ukupne površine sliva na Veliku Moravu otpada 16%, Južnu Moravu 41%, a Zapadnu Moravu 43%.

Devastacija šuma, ogoljelost sliva dovela je do snažno razvijene erozije sa svim njenim posljedicama. Najbolju sliku o tome daje odnos malih prema velikim vodama, koji je kod Velike Morave 1:86, Zapadne Morave 1:67, a kod Južne Morave 1:140.

Od vodnih količina na ušću Morave u Dunav — Velika Morava daje svega 12%, dok 88% dolazi sa sliva Južne i Zapadne Morave.

Velike vode plave riječne doline, koje su po svom sastavu aluvijalni nanosi i po plodnosti spadaju u naša najplodnija tla. Poplave dosižu 188 760 ha ili 67% melioracionog područja.

Zbog neotpornih obala redovna je pojava iza svake velike vode promjena toka rijeke, odnošenje plodng zemljišta i ugrožavanje saobraćajnica i naselja. Svi dosada izvođeni radovi predstavljaju samo najhitnija, mjestimična osiguranja bilo saobraćaja ili naselja, a najmanje plodnog zemljišta. Jedna od nezgodnih pojava je taloženje pronesenog nanosa u Dunavu, stvaranje plićaka i sprudova i otežavanje plovidbe internacionalnog plovnog puta. Dok je normalna pojava velikih voda u proljeće i jesen, ljeti su vrlo česte suše. Nepovoljan odnos oborina po vremnu i propusnost tla često su uzrok podbacivanju prinosa, a ponekad, kao prošle godine, dovode do katastrofalnih razmjera, kad se postavlja pitanje ishrane ljudstva i stoke. Da se iskoriste postojeći prirodni uslovi za razvitak poljoprivrede u modernu intezivnu proizvodnju, jedno od kardinalnih pitanja je uređenje vodnog režima na tome području.

Razrađena ekonomsko-tehnička dokumentacija obuhvatila je radove na uređenju bujica i zaštiti tla od erozije, regulaciji rijeka i odbrani od poplava, odbrani od brdskih voda, odvodnjavanju i navodnjavanju na melioracionoj površini od 280 000 ha, koja se nalazi u tri hidrosistema, i to:

I. Velika Morava	124 000 ha
II. Južna Morava	90 000 ha
III. Zapadna Morava	66 000 ha

U hidrosistemu Velike Morave imademo o područjima:

u dolini Velike Morave:	
— Dunavsko-Moravsko	32 000 ha
— Požarevačko	26 000 ha
— Gornje Moravsko	31 000 ha
u dolinama pritoka:	
— Jasenice sa Kuburšnicom i Vel. Lugom	28 000 ha
— Lepenice	4 000 ha
— Resave	3 000 ha
Svega	124 000 ha

U hidrosistemu Južne Morave — po područjima:

u dolini Južne Morave:	
— Trubarevo — ušće Nišave	12 000 ha
— Ušće Nišave — Korvin Grad	5 000 ha
— Korvin Grad — Grdelica	21 000 ha
— Vranjska Kotlina	8 000 ha
— Binačka Morava	7 000 ha
u dolinama pritoka:	
— Nišava	8 000 ha
— Toplica	26 000 ha
— Jablanica	3 000 ha
Svega:	90 000 ha

U hidrosistemu Zapadne Morave — po područjima:

u dolini Zapadne Morave:	
— Čačanska kotlina	19 000 ha
— Donja dolina Zapadne Morave	20 000 ha
u dolinama pritoka:	
— Gruža	3 000 ha
— Sitnica (pritoka Ibra)	24 000 ha
Svega:	66 000 ha

Površine, koje su zahvaćene programom, po vrstama radova kao i dužine tokova, koje se regulišu, vide se iz naredne tabele:

Regulacije u km
Površine u ha

Sistem	Regulacije	Bujice sliv	Odbrana od poplave	Odbrana od brdskih voda	Odvodnjavanje	Navodnjavanje
Morava	887,29	610 100	188 723	189 842	157 652	79 260

Od toga:

I. Hidrosistem Velika Morava

Velika Morava	171,0	57 400	84 823	75 263	82 246	—
i pritoke	143,52	19 140	17 500	16 576	16 376	23 330

II. Hidrosistem Južna Morava

Južna Morava	156,0	108 800	39 780	38 200	41 700	25 000
Pritoke	172,87	285 600	13 020	5 850	5 840	25 000

III. Hidrosistem Zapadna Morava

Zapadna Morava	130,0	98 400	13 210	32 363	—	2 850
Pritoke	113,9	40 800	20 390	21 590	11 290	3 080

Ukupan iznos potrebnih sredstava za izvršenje naprijed navedenih radova iznosi 77 000 miliona dinara. Uz iste uslove financiranja bila bi raspodjela po izvorima financiranja i radovima ova:

u milionima

Hidrosistem Vrsta radova	Ukupan iznos	Izvori financiranja		Postotak	
		Savezni	Ostali	Savezni	Ostali
Morava	77 000	57 041	19 959	74	26
Od toga:					
1. Uređenje bujica	15 914	11 140	4 774	70	30
U tome:					
Velika Morava	1 744	1 221	523	70	30
Južna Morava	10 980	7 686	3 294	70	30
Zapadna Morava	3 190	2 223	957	70	30
2. Regulacije	20 389	18 421	1 968	91	9
U tome:					
Velika Morava	11 752	11 104	648	94	6
Južna Morava	4 793	4 032	761	84	16
Zapadna Morava	3 844	3 285	559	85	15
3. Odbrana od poplave	8 711	8 711	—	100	—
U tome:					
Velika Morava	3 229	3 229	—	100	—
Južna Morava	4 307	4 307	—	100	—
Zapadna Morava	1 175	1 175	—	100	—

u milionima

Hidrosistem Vrsta radova	Ukupan iznos	Izvori financiranja		Postotak	
		Savezni	Ostali	Savezni	Ostali
4. Odbrana od brdskih voda	1 200	1 200	—	100	—
U tome:					
Velika Morava	1 200	1 200	—	100	—
5. Odvodnjavanje	2 181	1 181	1 000	54	46
U tome:					
Velika Morava	2 181	1 181	1 000	54	46
6. Navodnjavanje	28 605	16 388	12 217	57	43
U tome:					
Velika Morava	6 830	4 040	2 790	59	41
Južna Morava	16 338	8 490	7 848	52	48
Zapadna Morava	5 437	3 858	1 579	71	29

Od ukupno 1 060 aktivnih bujica sliva programom je obuhvaćeno 356 bujica sa slivnom površinom 6 101 km² sliva, i to samo onih, koje direktno napadaju vodotok, melioraciono područje ili buduće akumulacije za navodnjavanje.

Stanje sliva vidi se najbolje iz obima radova, koje treba poduzeti i koji kod Morave dosižu 20,7% od ukupnog investicionog iznosa, dok kod Save 5,4% a Neretve 4,3%.

Kod projektiranja regulacionih radova u glavnom toku kao i na pritocima nastojalo se što više približiti ustaljenim elementima uglednih dionica.

Nepovoljne krivine su prosijecane, i tako je dobiveno skraćenje toka, koje ide od 9,8 do 27,8%. Na velikoj Moravi od sadanje dužine toka 221 km regulacijom se dobiva dužina od 171 km. Kod Južne Morave od sadanjih 153 km svest će se na 138 km, a kod Zapadne sa 180 km na 130 km duljine reguliranog toka. Regulacionim radovima obuhvaćeno je:

U hidrosistemu Velike Morave:

— Velika Morava od ušća u Dunav do Stalaća sa regulacijom ušća pritoka: Jasenice, Lepenice, potoka Bulinjaka, Lepenice-Rače, Gložanskog potoka, Osanice, Crnice, Trešnjevačkog i Jovačkog potoka.

— pritoci: Jasenicu sa Kuburšnicom i Velikim Lugom, Lepenicom van inundacionog područja i Belica, Lugomir, Resava i Jovanovačka rijeka.

U hidrosistemu Južne Morave:

— Južna Morava sa regulacijom ušća pritoka: Toplice, Puste rijeke, Jablanice, Veternice, Moravice, Nišave, Vlasine i Vrle u granicama inundacije Južne Morave.

— pritoke: Nišava, Vlasina, Toplica, Jablanica, Veternica izvan inundacije Južne Morave.

U hidrosistemu Zapadne Morave:

— Zapadna Morava sa regulacijama ušća pritoka: Rasine, Pepeljuše, Gruže i Ibra u inundacionom području Zapadne Morave.

— pritoci: Rasina, Pepeljuša, Gruža, Ibar i Sitnica van inundacionog područja Zapadne Morave.

Regulacije pritoka van inundacionog područja financiraju se sa 50% iz saveznih i 50% iz ostalih izvora. Regulacioni radovi na Moravama sa regulacijama ušća pritoka financiraju se iz saveznih sredstava.

Velike vode Morave kao i pritoka sprovode se odbrambenim nasipima podignutim na obim obalama s odgovarajućim razmakom i nadvišenjem nad veliku vodu.

Takovim rješenjem presječena su melioraciona područja na kasete, za koje je zasebno riješeno pitanje odbrane od brdskih voda i odvodnjavanja. Povoljan položaj i kratkotrajnost poplavnog vala na mnogim kasetama dopušta gravitacioni ispust zaobalnih voda naročito u Južnoj i Zapadnoj Moravi.

Po pitanju navodnjavanja obuhvaća se sada površina od 79 260 ha okruglo 80 000 ha, no osnovnim radovima, t. j. akumulacijama koje su predviđene, obezbijeđena je vodna količina za 130 000 ha.

U hidrosistemu Velika Morava navodnjavalo bi se:

— u dolini Jasenice 20 330 ha

— u dolini Lepenice 3 000 ha

Na rijeci Jasenici projektirane su dvije veće akumulacije, Šatornja i Božurnja, a u slivu 10 malih. Ukupna zapremina akumulirane vode iznijela bi 89,3 miliona m³, od toga neto 71,7 miliona m³.

Akumulacija Šatornja projektirana je kao armirana betonska olakšana lučna brana s kontraforima visine 41,5 m. Ukupna zapremina imala bi 19 miliona m³, korisna 14.2 miliona m³. Po 1 m³ korisne zapremine bili bi troškovi izgradnje 50,7 Din.

Akumulacija Božurnja imade visinu 40,3 m, sadržinu 44 miliona m³ od čega neto 35 miliona m³. Po 1 m³ korisne zapremine troškovi izgradnje iznijeli bi 26,0 Din.

10 manjih akumulacija imadu zemljane pregrade visine od 11,5 do 14 m, korisna zapremina kreće se od 1 do 3 miliona m³, a cijena po 1 m³ neto zapremine od 23,3 Din do 31,7 Din. Po 1 ha navodnjene površine u tom sistemu potrebno je ulaganje od 285 000 Din.

U dolini Lepenice za navodnjavanje projektovana je nasuta brana visine 37 m na pritoci Uglješnici. Ta akumulacija »Grbica« imala bi ukupnu zapreminu 10,5 miliona m³, a korisnu 7,07 miliona m³. Voda se sa te akumulacije dovodi u basen za izravnanje »Opornicu« kanalom dugim 11 km.

Odavde se voda razvodi na zalivna polja, od kojih je 1 000 ha u dolini Ugljenice — Petrovačke rijeke i 2 000 ha u dolini Lepenice. Po 1 ha navodnjavane površine u tom sistemu potrebno je uložiti 348 000 Din.

U Hidrosistemu Južna Morava predviđa se
navodnjavati . . . . 25 000 ha
od toga:
u dolini Nišave . . . . 4 000 ha
u području Korvin Grad Grdelica 21 000 ha.

Potrebna voda za to navodnjavanje obezbjeđuje se izgradnjom akumulacije na rijeci Vlasini kod Vlasotinaca.

Ukupna zapremina iznosi 142 miliona m³, korisna 120 miliona m³. Troškovi izgradnje po 1 m³ korisne zapremine iznose 14,15 Din.

Količina akumulirane vode sa dotokom za vrijeme vegetacionog perioda obezbjeđuje vodu za navodnjavanje 56 000 ha. U ovom periodu obuhvaćeno je samo 25 000 ha, pa je investiciono ulaganje po 1 ha navodnjavane površine 322 000 Din. Po izgradnji cijele površine od 56 000 ha to bi opterećenje palo na 284 300 Din po 1 ha.

U sistemu Zapadna Morava navodnjava bi se površina od . . . . 5 850 ha
Od toga:
u dolini Gruže . . . . 3 080 ha
u dolini Dičine, uz Čemernicu
i dio lijeve terase Čačanske doline 2 770 ha.

U dolini Gruže za navodnjavanje obezbjeđuje vodu propektirana akumulacija »Tucački naper« na rijeci Gruži ukupne zapremine 12 miliona m³, korisne 9 miliona m³.

Brana je nasuta kamena visine 23 m. Po 1 m³ korisne zapremine troškovi izgradnje iznose 50 Din.

U sistem po 1 ha navodnjene površine treba uložiti 524 000 Din.

Potrebna voda za navodnjavanje Čačanske kotline i Donje doline Zapadne Morave obezbjeđuje se izgradnjom dviju akumulacija, i to:

— akumulacija Roge na Velikom Rzavu pritoci Moravice kod Požege i
— akumulacije »Brdjani« na Dičini pritoci Čemernice.

Akumulacije Roge imala bi ukupnu zapreminu 128 miliona m³, od čega korisnu 123 miliona m³. Po 1 m³ korisne zapremine troškovi izgradnje iznose 12,5 Din. Voda iz te akumulacije će oticati koritom Moravice i Zapadne Morave do zahvata za Čačansku dolinu.

Povećanjem ljetnog protoka povećava se i proizvodnja električne energije u HE Međuvršje i HE Ovčar-Kablar za 11 miliona kWh. Za navodnjavanje zemljišta u dolini Dičine, Čemernice, Ljubićkog polja te lijeve terase Čačanske doline predviđena je izgradnja akumulacije »Brđani« ukupne sadržine 44 miliona m³, od čega je korisna zapremina 35 miliona m³.

Po 1 m³ korisne zapremine građevinski troškovi iznose 31,40 Din.

Iz akumulacije »Brđani« navodnjavala bi se površina od 8000 ha, od čega bi otpalo na Dičinu 800 ha, dio polja uz Čemernicu 450 ha, na lijevu terasu Čačanske doline 6 200 ha.

Iz akumulacije Roge navodnjavalo bi se u Čačanskoj dolini 11 467 ha a u Donjoj dolini 19 880 ha svega 31 347 ha, za što je potreba vode 94,5 miliona m³.

U programu za sada obuhvaćena je izgradnja obiju akumulacija i natapna površina od svega 2 770 ha.

U perspektivi — izgradnjom cjelokupne natapne površine, t. j. 39 347 ha — bila bi uložena investicija po 1 ha 308 000 Din.

Ukupna zapremina akumulacije iznosi 490 miliona m³, od čega korisna 424 miliona m³. S tom količinom vode može se navodnjavati površina od 130 000 ha, dok je u programu obuhvaćeno 79 260 ha, pa bi višak vode oplemenjivao male vode Morave i pružao mogućnost postepenog razvitka navodnjavanja do navedene površine.

U programu imamo sisteme, koji se u cijelosti završavaju i iskorišćuju svu akumuliranu vodu kao Jasenički, Lepenički i Gružanski, sisteme koji se dovršavaju, no njihove akumulacije imaju veće količine obezbijeđene vode, a to su Nišavski i područje Korvin Grad, Grdelica, sisteme, koji se djelimično izgrađuju u ovoj etapi i iskorišćuju samo dio akumulirane vode.

Po ulaganjima po 1 ha navodnjavane površine kod gotovih sistema najjeftiniji je Jasenički sa 285 000 Din, najskuplji Gružanski sa 524 000 Din.

U usporedbi s Neretvom Gružanski sistem spada u sisteme Neretve, gdje je investicija po 1 ha za navodnjavanje iznad 500 000 Din, a to su Dubrave, Bijelo i Bišće polje.

Prosječno ulaganje u radove navodnjavanja po 1 ha navodnjene površine u ovoj etapi iznosi kod Morave 362 000 Din, kod Neretve 339 000 Din, no

moramo odmah uočiti i to, da je sa ulaganjima kod Morave obezbijeđena voda za navodnjavanje još daljnjih 50 740 ha, što nije slučaj kod Neretve. Kad se navodnjavanjem obuhvate sve površine, onda će prosjek biti 297 000 Din po ha.

Izvršenjem radova doći će do promjene iskorišćenja zemljišta. Na račun livada i pašnjaka proširit će se površina pod oranicama sa 218 236 ha na 259 522 ha.

U vezi s tom promjenom pretpostavlja se i porast proizvodnje.

U tonama

	Sadanje stanje	Buduće stanje	Razlika
Pšenica	88 773	269 805	181 032
Kukuruz	205 176	714 110	508 934
Ostala žita	9 296	18 949	9 653
Šećerna repa	126 668	455 855	329 187
Suncokret	1 197	5 033	3 836
Konoplja	7 844	17 648	9 804
Krumpir	27 198	50 236	23 038
Pasulj	787	2 922	2 135
Povrće	46 940	195 085	148 145
Krmno bilje	121 011	761 753	640 742
Voće	10 118	25 374	15 256
Grožđe	3 538	5 886	2 348

Da se ostvari predviđena proizvodnja, treba izvršiti dopunska ulaganja u osnovna i obrtna sredstva prema približnim računima oko 15 500 miliona Din.

Računajući po sadanjim cijenama poljoprivrednih produkata i reprodukcionog materijala, vrijednost bruto produkta penje se sa 13 597 miliona na 48 932 miliona, a prosječan dohodak sa 2 096 miliona na 23 176 miliona.

Daljna korist je otklanjanje prosječnih godišnjih šteta u iznosu od oko 4 milijarde Din i povećanje produkcije kod HE Međuvršje i HE Ovčar-Kablar za oko 11 miliona kWh.

Donošenjem Zakona o Savi, Neretvi i Moravi pored već donesenih Zakona o financiranju hidrosistema Dunav—Tisa—Dunav i melioracija u NR Makedoniji bili bi obuhvaćeni najjači potencijali.

Preostaje još pitanje Podravine, t. j. rijeke Drave, kao i obezbjeđenje vode za poljoprivredu Savske doline.

NEKI PROBLEMI NASUTIH BRANA*

Dr. Ing. **Ervin Nonveiller**, Geoistraživanja, Zagreb

Uvod

Danas smo svjedoci ogromnog napretka u građevinarstvu kroz nekoliko posljednjih dekada. Teorije na kojima se temelje naši proračuni, profinjene su, a njihova primjena je pojednostavnjena. Najnoviji razvoj elektronskih računala upravo revolucionira primjenu kompliciranih teoretskih proračuna u dnevnoj praksi projektiranja. Građevinski inženjeri su dobili strojeve, pomoću kojih mogu ostvarivati zapanjujuće građevine i mijenjati izgled prirode gradeći velike saobraćajnice, ogromne mostove, postavljajući umjetne otoke u oceane, ukroćujući vodne snage, koje su milenijima tekle neiskorištene, gradeći velike umjetne brane za akumulaciju vode u svrhu zaštite od poplava, irigaciju i proizvodnju električne energije; to su samo neki primjeri iz djelatnosti građevinarstva. S druge strane vidimo, da neki narodi u tom općem progresu vode, dok drugi još znatno zaostaju. Zato je izmjena iskustava među inženjerima raznih naroda veoma korisna, i drago mi je što mi se pružila prilika da ovdje govorim o građevinskim iskustvima stečenim u posljednje vrijeme u Jugoslaviji. Moglo bi se posumnjati, da iskustva Jugoslavije, koja na tehničkom polju još nije dobro poznata u svijetu, mogu biti od veće koristi. Ali za harmoničan tehnički i ekonomski razvoj moraju se uzeti u obzir stvarni uvjeti i mogućnosti svake zemlje, pa su od naročitog interesa primjeri i iskustva zemalja, koje su na sličnom stepenu razvoja. Jugoslavija je upravo takova zemlja, koja je kroz posljednje dekade postigla brz ekonomski razvoj pod specifičnim okolnostima, pa bi naša iskustva mogla biti od interesa za Pakistan. Ograničiti ćemo se na izlaganje problema nasutih brana, koje su po mojem mišljenju od velikog značenja za vašu zemlju — toplu i suhu, ali u kojoj ipak razorne poplave ugrožavaju živote i žetve. Akumulacije ostvarene pomoću brana za natapanje, opskrbu vodom, zaštitu od poplave i proizvodnju električne energije od osnovne su važnosti za razvoj poljoprivrede i industrije i za harmonični razvitak privrede Pakistana.

Ima više historijskih podataka o branama i nasipima za natapanje i zaštitu od poplava u velikim riječnim dolinama, koje su bile kolijevka ljudske civilizacije. U ovom dijelu azijskog kontinenta i danas ima takovih starih građevina, koje su još uvijek u uporabi. Sve su te građevine ostvarili iznimno talentirani individui, koji su svoja ostvarenja temeljili na tradiciji, intuiciji i ličnom iskustvu. Takav način projektiranja i građenja ne bi, međutim, mogao zadovoljiti potrebe civilizacije koja se intenzivno razvija, i srećom je zamijenjen racionalnim znanstvenim metodama. U našem je primjeru razvoj geomehanike omogućio svakom prosječnom inženjeru da rješava probleme nasutih brana oslanjajući se na slične izvedene objekte i

---

* Prijevod predavanja održanog u Institute of Engineers (Pakistan) u Karachi — dne 2. augusta 1958. g.

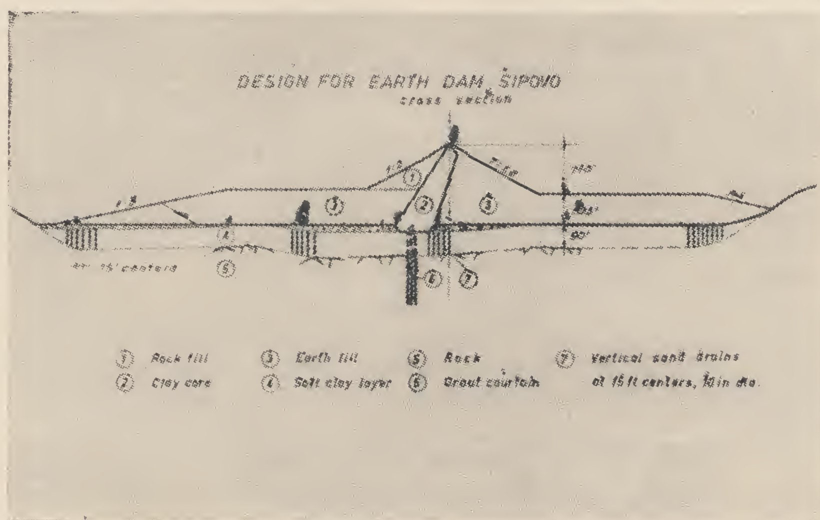
iskustva, koja su danas svakome dostupna zahvaljujući međunarodnoj suradnji inženjera i stručnjaka raznih nacija.

Izbor mjesta za građenje

U mnogim dijelovima svijeta iskorištena je već većina povoljnih gradilišta za brane; inženjeri se moraju zadovoljiti s onima, koja dosada nisu uzeta u obzir, pa se danas moraju rješavati problemi, koji su se prije smatrali nerješivim. Takav razvoj, naravno, nije ograničen samo na razvijene zemlje, jer je on donio bitnu promjenu nazora i shvatanja o branama i problemima brana uopće.

U nekim će slučajevima biti potrebne zaštitne mjere, da se spriječe pretjerani gubici vode iz basena. U drugima može količina filtrirane vode biti sporedna, ali drugi problemi mogu zahtijevati, da se poduzmu zaštitne mjere (djelovanje uzgona, regresivna erozija temeljnog tla i t. d.). Smanjenje protoka ispod brane može se postići injektiranjem tla ili izradom nepropusne obloge površine tla neposredno uzvodno od brane. Ponekad se primijenjuju i zagati od žmurja, ali njihovo djelovanje nije veliko.

U pjeskovitom i šljunkovitom tlu voda, koja protiče ispod brane, može izazvati eroziju stalnim



Sl. 1: Poprečni presjek brane u Šipovu (projekt)

iznošenjem manjih čestica, ako je izlazni gradijent i $\geq$ 1. U homogenom tlu obrnuti filteri daju efikasnu zaštitu, a izlazni gradijent može biti i veći od i = 1 ako je površina filtera na odgovarajući način opterećena. Ako u tlu postoje kanali veće propusnosti, koncentracija protoka može također izazvati eroziju. U takvim su slučajevima efikasni odušni bunari, jer skreću smjer tečenja vode od vertikalnog u horizontalni. I u ovom su slučaju neophodno potrebni zaštitni filterski prelazi uz stijene bunara.

Prikladnost mjesta za građenje brane razmatra se s različitih gledišta; to su:

— morfologija,
— propusnost tla za vodu,
— uvjeti temeljenja,
— evakuacija velike vode.

Morfološki uvjeti. Doline trapeznog, U- ili V-presjeka jednako su prikladne za nasute brane, s jedinom primjedbom, da oštre promjene nagiba kosina na bokovima doline mogu uzrokovati nepoželjne diferencije slijeganja i pukotine. Naravno, uska dolina povoljnija je od široke.

Propusnost za vodu. Mogućnost zadržavanja vode u akumulacionom basenu zavisi od općih geoloških prilika i u velikoj mjeri od osobina tla u neposrednoj okolini brane, gdje voda najkraćim putem može istjecati iz basena. Tlo ispod brane može se sastojati od ovih vrsta stijene:

— nepropusne zdrave stijene ili naslage gline — mala propusnost,
— uslojene i raspucale stijene — mala do velika propusnost,
— raspucane stijene podložne otapanju u vodi (vapnenac) — velika propusnost,
— pijesak i šljunak — srednja do velika propusnost.

Temeljenje

Temeljno tlo na predviđenom mjestu građenja može da se sastoji od različitih formacija:

— stijena, tvrda do meka,
— šljunak i samci,
— pijesak,
— prašinaste i glinovite naslage,
— mješavine od šljunka do gline.

Na stjenovitim temeljima nosivost tla i stabilnost temelja nisu u pitanju. Šljunčane naslage sa samcima su redovno jako zbijene i slijeganje temelja nije veliko.

Gustoća pjeskovitog temeljnog tla od vanredne je važnosti za sigurno fundiranje nasutih brana, naročito u zemljotresnim područjima. Potresi i vi-

bracije mogu izazvati preslaganje pijeska u zbijenije stanje, zbog čega se povećava porni tlak vode i nastaje »tekuće stanje« pijeska, što može uzrokovati djelomično ili potpuno rušenje brane.

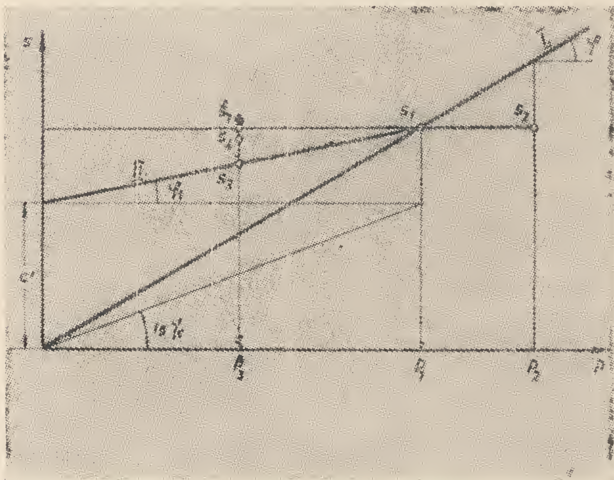
U svim slučajevima fundiranja na prašinastom i glinovitom tlu mora se uzeti u obzir konsolidaciono slijeganje, koje nastaje zbog istiskivanja vode iz pora tla u svakom slučaju povećanja opterećenja. Brzina, kojom se taj proces odvija, ovisi od karakteristika tla i duljine puteva za filtraciju vode. S napredovanjem procesa konsolidacije raste i čvrstoća tla za smicanje, pa je najkritičnije stanje temelja neposredno nakon dovršenja gradnje.

Slika 1 prikazuje poprečni presjek brane Šipovo, koja je projektirana za akumulaciju u dolini Plive. Temeljno tlo u dolini rijeke sastoji se od nekonsolidiranih jezerskih naslaga debljine do 30 m. Bile su potrebne široke berme i blage kosine kombinirane drenovima za ubrzanje konsolidacije mekih jezerskih naslaga i postepeno povećanje njihove čvrstoće za smicanje, da bi se omogućilo građenje 75 m visoke brane. Predviđeni su vertikalni drenovi od pijeska na međusobnom razmaku od 5 m, da bi se konsolidirao porni tlak, koji nastaje u sloju od opterećenja nasipom kroz jednu građevnu sezonu, prije nego se u narednoj nastavi sa građenjem. Predviđa se građenje brane u etapama kroz pet godina.

Takovi su drenovi uspješno primijenjeni za stabilizaciju temelja i kosina zaštitnih nasipa na mekom tlu jednog kanala u Italiji, za jednu nasutu branu u Španiji, za rješenje mnogih sličnih problema u Švedskoj, gdje je konstruiran posebni stroj za utiskivanje papirnatih drenova u tlo.

Evakuacija velikih voda

Nasute se brane moraju zaštititi od preplavljivanja, jer bi to uzrokovalo eroziju krune brane i nizvodne kosine s rapidnim progresivnim povećavanjem protoka i erozije. Mogu se primijeniti različni tipovi preliva bez zapornica ili sa zapornicama, koje automatski reguliraju vodostaj akumulacije, ali se daje prednost otvorenim prelivima bez mehanizama, koji bi mogli i zatajiti. Ponekad se predviđaju i »sigurnosni ventili«, postrani niski zemljani nasipi, koji se u slučaju prelivanja kod iznimno visoke vode sruše i time povećaju kapacitet preliva. Nakon sniženja vodostaja takovi se nasipi ponovno uspostave uz male troškove.



Sl. 2: Čvrstoća gline za smicanje

Nastojanja da se nađe prikladno rješenje za prelivanje vode preko nasutih brana nisu još donijela većeg uspjeha. Kod gradnje nekih nasutih brana u Meksiku predviđena je evakuacija dijela velike vode za vrijeme građenja preko još nedovršene brane, uz zaštitu nizvodne kosine željeznim mrežama. U tom je smislu veoma zanimljivo povoljno iskustvo sa zagatima za građenje betonske brane Warsak na rijeci Kabul (Pakistan). Zagati su izrađeni u tekućoj vodi kao nasute brane od kamena i šljunka s jezgrom od gline. Kruna je zaštićena nasipom od teških kamenih blokova i zidanom kamenom oblogom. Ti su zagati uspješno odolijevali protoku od skoro 6000 m^3/sec kroz dvije sezone. Pozitivno iskustvo s tim zagatima moglo bi doprinijeti promjeni postojećih gledišta o mogućnosti gradnje sigurnih prelijeva preko nasutih brana.

Ispitivanje mjesta građenja

Nakon prethodnog izbora mjesta za građenje brane na temelju morfološke prikladnosti potrebna su detaljnija ispitivanja. U tu svrhu treba izvršiti opće geološko kartiranje područja akumulacije, opažanje vrela, temeljne vode i drugih osobitosti. Zatim treba bušenjem detaljno ispitati:

— opće geološke prilike, rasjede i druge moguće nepravilnosti,
— inženjerske osobine temeljnog tla,
— propusnost temelja i bokova uz branu.

Konačni izbor mjesta za branu temeljit će se na rezultatima takovih ispitivanja. Prethodnim ispitivanjima treba ustanoviti i mogućne izvore materijala za nasipanje brane. Ta će se područja detaljnije ispitati bušenjem, da se odrede osobine i raspoložive količine raznih vrsta materijala. Jednostavnim pokusima na terenu može se dobiti detaljna slika o vrstama pjeskovitih, šljunkovitih i glinovitih materijala bez ikakovih opita u laboratoriju.

Program laboratorijskog ispitivanja razrađuje se na temelju rezultata prethodnog ispitivanja pozajmišta i mjesta građenja. Od raspoloživih uzoraka tla odabere se dovoljan broj reprezentativnih uzoraka, na kojima se izvode ovi opiti:

— opća klasifikacija,
— ispitivanje fizikalnih osobina tla za fundiranje,
— ispitivanje osobina zbijenih materijala za nasipanje brane.

Opća klasifikacija sadrži ove opite:

— Atterbergove granice konzistencije, indeks plasticiteta, indeks aktivnosti,

— granulometrijski sastav,
— porozitet
— vlažnost i postotak zasićenosti neporemećenih uzoraka,
— specifična težina.

Fizikalne osobine materijala određuju se pomoću ovih opita:

— čvrstoća za smicanje (pomoću krilne sonde u mekim materijalima),
— aksijalna čvrstoća cilindričnih uzoraka,
— kompresija sa spriječenim bočnim širenjem,
— propusnost za vodu,
— triaksijalna kompresija za određivanje čvrstoće za smicanje.

Slično će se na uzorcima nabijenog tla odrediti:

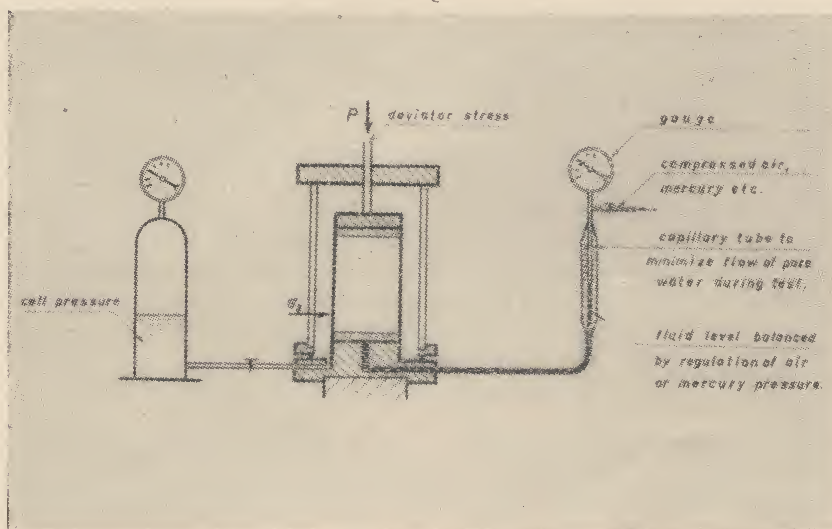
— optimalna vlažnost za nabijanje,
— stišljivost i konsolidacija,
— propusnost za vodu,
— čvrstoća za smicanje.

Najvažnija osobina materijala za dimenzioniranje nasutih brana je čvrstoća za smicanje, koju je prvi ispitivao i formulirao francuski inženjer Coulomb u XVIII. stoljeću. Njegov izraz za čvrstoću za smicanje glasi:

$$s = c + p \cdot tg\, \varphi;$$

c = kohezija, φ = kut trenja, p = normalni napon. Već odavna prodrla je spoznaja, da ni c ni φ nisu neovisne karakteristike materijala, ali je tek u najnovije vrijeme nađeno adekvatnije rješenje na temelju detaljnih laboratorijskih ispitivanja.

Čvrstoća za smicanje ovisi o početnoj vlažnosti uzorka i o historiji opterećivanja prije smicanja. Uzorak, koji je ugrađen u aparat za smicanje s velikom početnom sadržinom vlage, pa je konsolidiran kod normalnog napona p_1 i nakon toga smican tako sporo, da se vlažnost može uvijek prilagoditi nastaloj deformaciji bez stvaranja povećanja tlaka u porama, dat će otpornost za smicanje s_1 na pravcu I na slici 2. Ako se nakon konsolidacije kod napona p_1 normalni napon poveća na p_2 i uzorak odmah smiče, njegova otpornost za smicanje se ne će povećati, jer će cio prirast normalnog napona uzrokovati porast vode u porama za cijeli iznos $u = p_2 - p_1$, a normalni naponi među česticama će ostati nepromijenjeni. S druge strane uzorak, konsolidiran kod napona p_1, koji se nakon toga rastereti na napon p_3 i smiče veoma polagano, imat će otpornost za smicanje s_3 na pravcu II (sl. 2). Ako se međutim taj uzorak smiče bez konsolidacije nakon rasterećenja na p_3, njegova će otpornost za smicanje biti između s_1 i s_3 u ovisnosti o veličini negativnog pornog tlaka u rasterećenom uzorku.



Sl. 3: Shema triaksijalne ćelije za mjerenje čvrstoće za smicanje sipkih i korozivnih materijala

Ti se odnosi izražavaju jednadžbom

$$s = c' + (p - u)\, tg\, \varphi';$$

p = ukupni normalni napon;
u = porni tlak u uzorku kod smicanja;
$c' = p_1\, tg\, \varphi_c$ zavisi od historije opterećenja uzorka.

Porni tlak *u* može se mjeriti u triaksijalnom aparatu pomoću posebnog uređaja, skiciranog na slici 3. Karakteristika pornog tlaka za određeni materijal može se izraziti kao

$$u = B \Delta p$$

B = karakteristika pornog tlaka,
Δp = porast većeg glavnog napona u uzorku.

Mjerenja izvedena u raznim branama u USA i u Engleskoj, a i u brani Lokvarka pokazuju, da porni tlak u jezgri od koherentnog materijala može narasti do visokih vrijednosti tokom opterećivanja r a s t u ć o m v i s i n o m b r a n e z a v r i j e m e g r a đ e n j a.

U jezgri brane Lokvarka ugrađen je elektroakustični uređaj prema slici 5 za mjerenje tlaka vode u porama, kojem nije potreban komplicirani

uređaj za evakuiranje mjehurića zraka iz vodova. I u nekim drugim branama u Evropi takav je uređaj primijenjen s uspjehom.

Analiza stabilnosti

Obično se stabilnost kosina nasutih brana ispituje pomoću kružnih kliznih ploha. Tangencijalna sila T_n, potrebna da se održi u ravnoteži cilindrični odsječak kosine iznad klizne plohe, komparira se s mogućnom tangencijalnom otpornošću materijala na kliznoj plohi T_a. Kvocijent tih dviju sila naziva se faktor sigurnosti:

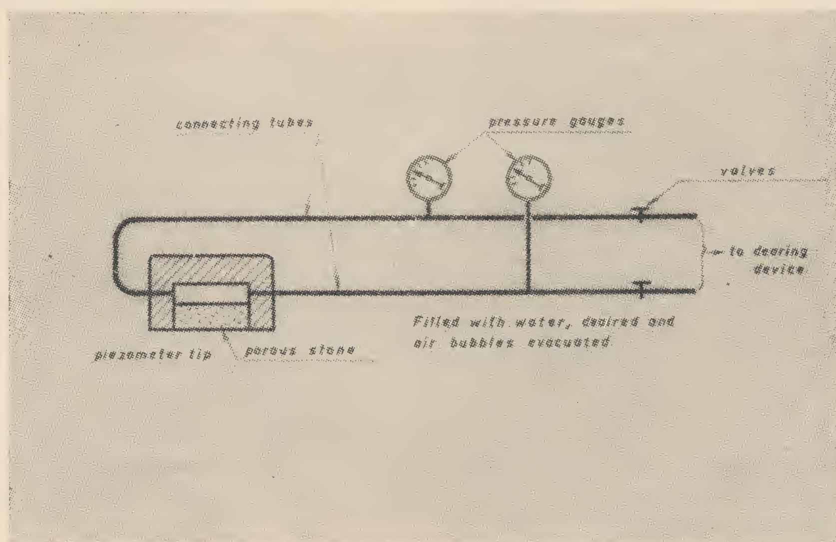
$$F_s = \frac{T_a}{T_n} \geqq 1{,}0$$

Obično se traži, da faktor sigurnosti iznosi 1,5, ali za ekstremne slučajeve kratkotrajnog opterećenja može se dozvoliti i $F_s = 1{,}2$, ako su karakteristike materijala pouzdano poznate. Pouzdanost takove metode proračunavanja stabilnosti, koja je prvi puta primijenjena u Švedskoj za analizu rušenja keja u Göteborgu 1915. g., provjerena je na mnogim primjerima rušenja prirodnih i umjetnih kosina. U praksu su uvedene razne pojednostavnjene metode grafičkog ili analitičkog proračuna stabilnosti, koje su manje ili više točne.

Većinom se odsječak iznad klizne plohe podijeli na vertikalne lamele, kojih se ravnoteža pojedinačno promatra. Problem je statički jednostruko neodređen, pa se u račun moraju uvesti neke pretpostavke o raspodjeli napona duž klizne plohe. Većinom se i reakcije sile među lamelama ne uzimaju u obzir. Ipak su rezultati proračuna za potrebe prakse dovoljno točni.

Analitička metoda Dr. Bishopa (Imperial College, London) prikladna je za točnije analize stabilnosti na kružnim kliznim plohama. Ta je metoda u najnovije vrijeme prilagođena za računanje pomoću elektronskih računala, pa se rezultat za svaki krug dobiva u roku od 7 sec, dok obični račun traje 1—2 sata.

U nekim slučajevima klizne plohe mogu jako odstupati od pretpostavljenog kružnog oblika. Modelna ispitivanja su pokazala, da u nehomogenim nasipima klizna ploha može biti i konveksna, kako je prikazano na slici 6. Na temelju rezultata detaljne studije tog fenomena razrađena je jednostavna grafička metoda za analizu stabilnosti zoniranih kosina. Ta je metoda također provjerena rezultatima ispitivanja na modelima zoniranih nasipa.



Sl. 4: Prezometarska ćelija za mjerenje punog tlaka u zemlji

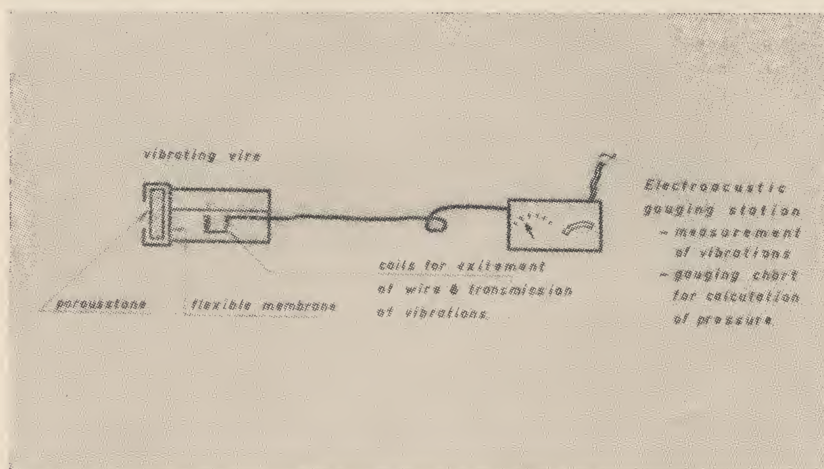
Stabilnost kosina 60 m visoke brane Peruča na Cetini, koja je upravo sada dovršena, analizirana je komparativno po različitim metodama. Komparacija dobivenih rezultata prikazana je na slici 7, i ona pokazuje, da duboke konveksne klizne plohe imaju najmanji faktor sigurnosti, pa su i najopasnije. Tako provedena detaljna studija stabilnosti kosina omogućila je da se brana sagradi s veoma strmim kosinama u nagibu 1 : 1,5, što je znatno smanjilo ne samo troškove građenja brane nego i dovodnih tunela i temeljnog ispusta.

Nedavno su Samsioe (Švedska) i Trollop (Australija) na temelju teoretskih razmatranja također zaključili, da konveksne klizne plohe mogu biti najopasnije za stabilnost kosina.

Nasute brane od kamena

Na mnogim mjestima gdje nema dovoljno zemlje za nasipanje brane, može se s uspjehom primijeniti nasip od kamena. Mnogo je takovih brana sagrađeno u Sjevernoj Africi, USA i u drugim zemljama, neke s vertikalnom ili uzvodnom kosom jezgrom od gline, neke s uzvodnom nepropusnom membranom od drveta, asfalta ili armiranog betona. Kamen ima veliku otpornost za smicanje, pa su kosine takovih brana redovno strme, između 1 : 1 i 1 : 1,5.

Za nabijanje nasipa od kamena primijenjene su razne metode. U Sjevernoj Africi bilo je pred nekih 20 godina uobičajeno da se takove brane grade od velikih kamenih blokova, koji su se postavljali na mjesto pomoću dizalica, a preostali prostori među blokovima ispunjavali su se ručno manjim kamenjem. Pijesak i sitan kamen isključeni su u potpunosti iz nasipa. U USA, gdje je nastojanje da se građevni procesi što više mehaniziraju, oduvijek bilo mjerodavno za način rada, takav spor način građenja bio je zamijenjen nasipanjem kamena kakav se dobiva u kamenolomu, ponekad uz polivanje malom količinom vode. Taj je postupak uzrokovao naglo veliko slijeganje i djelomično



Sl. 5: Elektroakustični manometar

rušenje već dovršene uzvodne obloge na 90 m visokoj brani San Gabriel No. 2 nakon jednog jakog pljuska. Nakon tog neuspjeha počelo se kameni nasip ispirati na mjestu nasipanja jakim mlazevima vode s tlakom od oko 7 atm, uz promjer mlaznice od 5 cm. Kamen se nasipava u slojevima, debljine 5—15 m, ponekad se cijela brana nasipa u samom jednom sloju s visine krune, čime se svodi na minimum potreba građenja skupih pristupnih cesta do mjesta nasipanja. Takav je postupak s velikim uspjehom primijenjen i za nasipanje brane na Peruči. Tu se nasip sastoji od lomljenog kamena, koji može sadržavati do 20% sitneži promjera ispod 20 mm na nizvodnoj kosini i 10% na uzvodnoj kosini. Nasip je građen u slojevima visine oko 6 m. Takav je postupak ekonomičan i brz i može se uspješno prilagoditi specifičnim potrebama gradnje brane sa centralnom glinenom jezgrom. On je naročito prikladan za efikasno mehaniziranje procesa vađenja, transporta i ugrađivanja kamena u branu. Time se postiže ekonomičnost, koja danas čini i kamene brane konkurentnima u uvjetima, gdje bi se inače gradila betonska lučna brana.

Općenito se smatra, da se kameni nasipi brzo konsolidiraju i da se sliježu samo kratkotrajno, za razliku od nasipa od zemlje i gline, koji trebaju dugo vremena za konsolidaciju. Zbog takove razlike slijeganja mogle bi nastati koncentracije deformacija i napona na granicama između kamena i zemlje u jezgri. Mjerenja, koja su izvršena na mnogim branama od kamena u Sjevernoj Africi i u USA, pokazuju, da se takove brane sliježu kroz dugi vremenski period nakon dovršenja. Nakon početnog velikog slijeganja i konsolidacije nasipa počinje spori proces postepenog rušenja prednapregnutih kontaktnih ploha i promjene unutarnjih napona, koje uzrokuje dugotrajno postepeno slijeganje cijele mase brzinom od 0,01—0,05% visine godišnje, a traje i do 25—40 godina nakon dovršenja brane, što se približava veličini slijeganja zemljanih brana. Iz toga se može zaključiti, da u kombiniranoj brani od zemlje i kamena nisu vjerojatne nepoželjne deformacije, ako je pravilno projektirana i pažljivo sagrađena.

Injektiranje temelja

Temelje ispod brana injektiramo u svrhu:

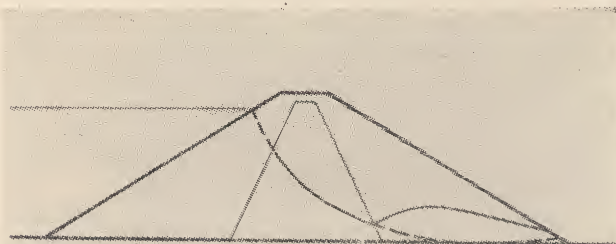
— poboljšanja mehaničkih osobina temelja,
— smanjenja uzgona na temeljnu plohu,
— smanjenja gubitaka od procjeđivanja ispod temelja, ili regresivne erozije kroz propusne slojeve tla.

Ovdje ćemo se samo u kratkome osvrnuti na injektiranje tla ispod nasutih brana, a ne ćemo se osvrtati na probleme injektiranja za poboljšanje osobina tla.

Obično se u tlu ispod brane i na bokovima injektira nepropusna — odnosno malo propusna — zavjesa, da bi se spriječilo procjeđivanje vode. Dubina i duljina zavjese određuju se na osnovu rezultata geoloških ispitivanja, istražnog bušenja i mjerenja propusnosti tla za vodu. U konačnoj fazi projektiranja injektiraju se i probna polja, da bi se dobili podaci o predvidivom utrošku injekcione mase. Propusnost tla za vodu izražava se u Luegonovim jedinicama (1 LU = 1 lit/min, m, 10 atm). Tlo se injektira do onih dubina ili zona, u kojima je propusnost manja od 1 LU za brane više od

30 m, odnosno 3 LU za brane niže od 30 m, ali se u svakom određenom slučaju prostiranje zavjese mora odrediti na osnovu detaljnog studija problema.

Tehnika injektiranja napredovala je kroz posljednje decenije znatno; počelo se s pumpanjem u tlo vodene suspenzije cementa kroz bušotine, koje

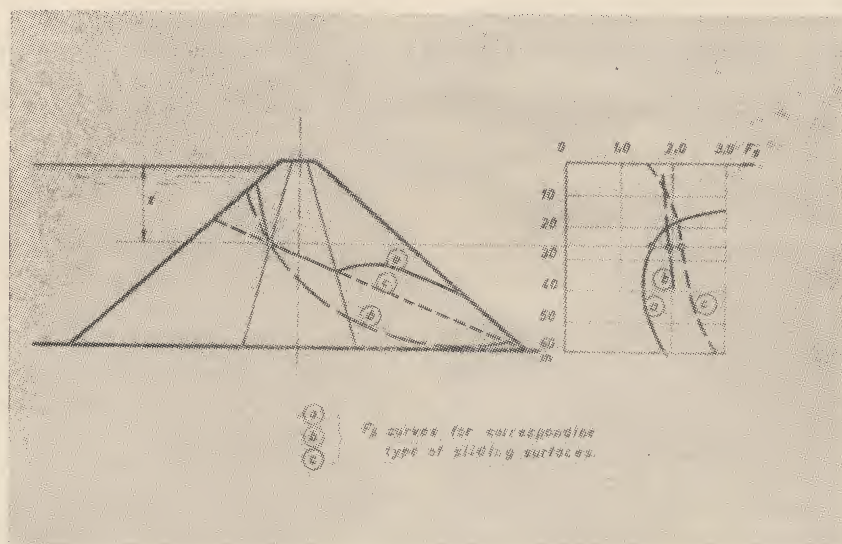


Sl. 6: Klizna ploha u nehomogenoj brani

su dopirale do željene dubine zavjese. Sada se redovno injektira u kraćim etažama, a smjese se sastoje od cementa sa dodatkom bentonita, gline, kemikalija i drugih supstancija, koje omogućuju lako prodiranje injekcione mase u fine pukotine, ili prema potrebi omogućuju ograničenje dometa injektiranja u veoma propusnom tlu.

naročitih smjesa bilo je moguće postići potpuni uspjeh. Za novu veliku branu kod Aswana, visine skoro 100 m, na gornjem Nilu, eroziona dolina još je šira, a isto tako je duboka. I tu će se injektiranjem uspješno spriječiti podviranje vode sa svim nepoželjnim posljedicama, kako je već dokazano pokusnim injekcionim poljima. Za takove vrste tla injekciona smjesa se sastoji od što sitnijih čestica, koje mogu prodirati kroz uske pore među zrncima tla a da se ne stvori filterska naslaga, koja bi spriječila prodiranje smjese u tlo dalje od bušotine. Smjesa mora ipak biti nakon nekog vremena tako konzistentna, da spriječi prodiranje u preveliku daljinu od injekcione rupe. Sličan postupak uspješno je primijenjen, da se smanji prodiranje vode ispod zagata za fundiranje brane Jajce II.

Za branu Peruča na Cetini, koju smo već prije spomenuli, trebalo je injektirati jako propusnu karstificiranu vapnenačku stijenu. Opsežna geološka istraživanja, dopunjena bušenjem i hidrogeološkim promatranjima, pokazala su, da je jedini mogućni put vode iz basena samo u smjeru doline ispod brane, kroz karstificirane kredne vapnence. Injekciona zavjesa duljine skoro 1,5 km, dubine do 200 m ispod površine tla bila je potrebna, da se sa sigurnošću spriječe veći gubici vode u tom smjeru kroz karstifikacione kanale, od kojih su neki bili ispunjeni komprimiranom glinom. Injektiranje samim cementom nije se pokazalo uspješnim — utrošak smjese bio je velik, a propusnost se tla gotovo nije smanjivala. Na kraju su ispitane suspenzije od gline i cementa, na bazi



Sl. 7: Komparacija rezultata proračuna stabilnosti kosina brane Peruča za različite klizne plohe

Nasute se brane često grade na slabom temeljnom tlu. Tako je kod gradnje nasute brane Serre Ponçon u Francuskoj trebalo otijesniti skoro 100 m duboki erozioni jarak ispod brane, koji je bio ispunjen dosta propusnim naslagama pjeskovitog šljunka. Posebnom tehnikom injektiranja i primjenom

prethodnih pozitivnih rezultata u laboratoriju. Sadržina cementa mogla se je reducirati na 25% suhe smjese, ostalo je bila glina sa blizine gradilišta i male količine kemikalija, da bi se postigle stabilne i tiksotropne smjese, koje ne će teći previše daleko od injekcione rupe. U ovom je slučaju primjena

takovih suspenzija bila jedino mogućno rješenje, kojim se je postiglo ekonomično rješenje ne samo smanjenjem količine cementa u smjesi nego i smanjenjem ukupnog utroška injekcione mase. Skoro 180 000 m injekcionih bušotina injektirano je na tom poslu, a prvi rezultati nakon akumuliranja vode odgovaraju očekivanjima.

Ovih nekoliko primjera pokazuju, kakovi raznoliki tehnički problemi se mogu riješiti savremenim metodama injektiranja.

Ekonomija

S nekoliko primjedaba osvrnuti ćemo se na pitanje ekonomičnosti građenja nasutih brana.

Konačna odluka o izboru između više tehnički korektnih rješenja za branu na određenom mjestu mora se temeljiti na ekonomskim razmatranjima; onaj je projekt najpovoljniji, koji je istodobno tehnički korektno riješen i ekonomski najprihvatljiviji. Neka opća pravila za izbor najpovoljnijeg rješenja mogu se samo grubo postaviti:

— betonske lučne brane — dolina oblika U i V odnos između visine i raspona u kruni do 1:3, temeljenje na zdravoj stijeni,

— betonska gravitaciona brana ili drugi olakšani betonski tipovi — trapezna dolina temeljenje na zdravoj stijeni,

— nasute brane — u svim drugim uvjetima.

Ekonomska prednost ovisi u velikoj mjeri o raspoloživosti odgovarajućih građevnih materijala za beton ili nasip, te o raspoloživosti građevinske opreme za mehaniziranje radova.

Mogu se spomenuti mnogi slučajevi, gdje se od početka može razmatrati samo jedan određeni tip brane. U Švicarskim Alpama su u posljednje vrijeme sagrađene dvije velike nasute brane na mjestima, gdje bi meteorološke prilike bile uvjetovale građenje masivnih brana. (Marmorera i Göschenenalp). Za branu Göschenenalp trebalo je čak dopremiti stanovitu količinu gline iz velike udaljenosti. Uvjeti temeljenja isključili su u oba slučaja od početka mogućnost građenja bilo kojeg drugog tipa brane.

Danas se primjenom efikasne građevinske mehanizacije snizuju troškovi kopanja i prevoženja velikih količina kamena i zemlje do te mjere, da ponekad nasute brane uspješno konkuriraju i betonskim lučnim branama. U posljednje je vrijeme u USA započeto građenje dviju velikih kamenih nasutih brana u dolinama V oblika od granita, jer su bile jeftinije i povoljnije od konkurentnih projekata lučnih betonskih brana.

Odgovornost za izbor tehnički i ekonomski ispravnog rješenja leži na projektantu, koji mora veoma savjesno razmotriti sve mjerodavne faktore.

U ovom kratkom pregledu nastojao sam da prikažem karakteristične probleme projektiranja i građenja nasutih brana i da s time u vezi izrazim neke svoje lične poglede.

REMONT BETONSKOG PLUTAJUĆEG DOKA U »TITOVU BRODOGRADILIŠTU« U KRALJEVICI

Ing. **Smiljan Kružić**, Zagreb

Tokom juna mjeseca ove godine završen je generalni remont betonskog plutajućeg doka u »Titovu brodogradilištu« u Kraljevici. Remont je trajao 5 mjeseci.

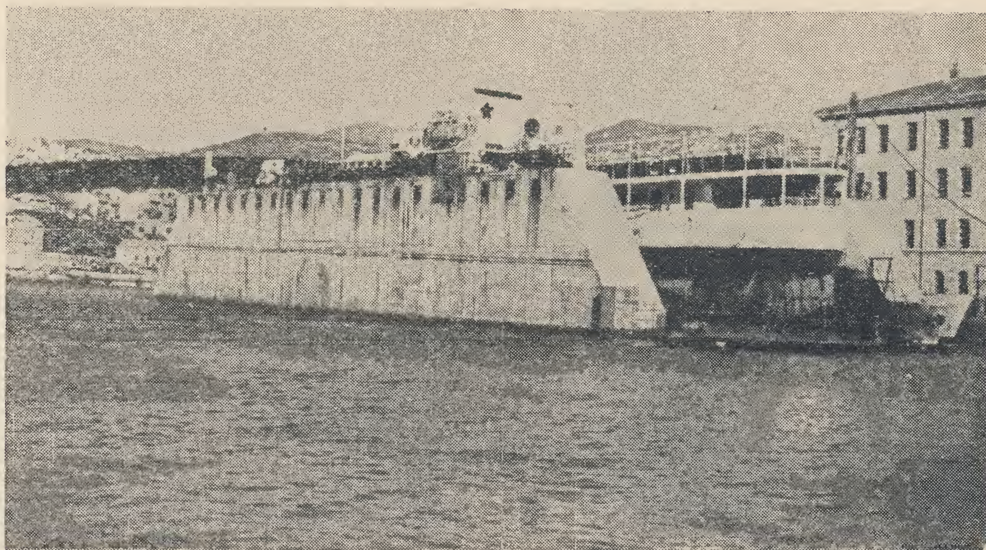
Betonski plutajući dok u Kraljevici ima prilično burnu historiju. Prema neprovjerenim podacima, koje sam dobio u samoj Kraljevici, dok je izradila dvadesetih godina ovog stoljeća kooperativa (zadruga) brodogradilišnih radnika u Trstu. Prelazeći iz jednog vlasništva u drugo, dok je dotegljen oko 1931 godine u Kraljevicu. Tadanji vlasnici pod imenom »Jadranska brodogradilišta a. d.« vršili su na njemu remonte male i velike obalne plovidbe.

Za vrijeme rata dok je prevučen na Rijeku i usidren na početku riječkog lukobrana, ispred današnjeg brodogradilišta »Viktor Lenac«. Kraj rata i oslobođenje Rijeke dočekao je na ovom mjestu, ali na morskom dnu, gdje su ga teško oštetili blokovi, koji su se rušili s miniranog lukobrana. Poslije rata dignut je na površinu i otegljen u puljsko brodogradilište, gdje je popravljen i vraćen u Kraljevicu, da se na njemu i dalje vrše remonti brodova obalne plovidbe. Još jednom dospio je na morsko dno, kada ga je prilikom manevriranja parobrod »Hercegovina« udario u vanjsku oplatu. Nakon kraćeg vremena dok je dognut na površinu i popravljen.

Dok je izveden od armiranog betona. Poprečni okviri izvedeni su od elemenata i ukrućeni armiranim betonskim zidovima. Sistemom horizontalnih i vertikalnih pregrada dok je podijeljen u šest potpuno odvojenih komora. Svaka komora ima po jedan tank u srednjem dijelu doka i po jedan bočni tank. S obzirom na starost doka (cca 40 godina) te s obzirom na dosadanja oštećenja, koja su uvjetovala, da se iskorišćuje 60% nosivosti doka, pristupilo se 1958 godine detaljnom pregledu doka i izradi elaborata za njegov remont. Prilikom pregleda ustanovljeno je, da je beton podvodnog dijela dobar i da ga ne treba dirati. Na dijelovima iznad vode ustanovljena su oštećenja, koja dovode u pitanje stabilnost doka. Oštećenja su nastupila na

površini betonskih zidova i okvira zbog djelovanja sunca i atmosferilija, zatim zbog korozije čeličnih dijelova i zbog djelovanja naftinih derivata i drugih soli na horizontalne i kose elemente okvira u strojnom dijelu. Na osnovu tog elaborata pristupilo se generalnoj popravci doka.

Izborom kvalitetne radne snage, dobro organiziranim radom i efikasnom kontrolom izvođač je nastojao da udovolji uslovima izvedbe kako je to projektant propisao. Naročita je pažnja posvećena pripremi torkretne mase. Torkretna masa spremana je u dvije smjese. Jedna smjesa služila je



Sl. 1: Dok prije popravka

Naprije su u unutrašnjosti doka otučeni svi oštećeni, korodirani dijelovi na površini betonskih zidova i okvira u dubini od cca 5 cm. Očišćena je postojeća i dodana nedostatna armatura. Sve su te površine ispuhane komprimiranim zrakom, oprane vodom i nabačen je torkret. Svi oštećeni elementi okvirne konstrukcije izvađeni su, a na njihovo mjesto ugrađeni su novi komadi. Na vanjskim površinama ponovljen je isti postupak kao i u unutrašnjosti bloka. Izveden torkret održavan je obilnim polivanjem kroz 15 dana.

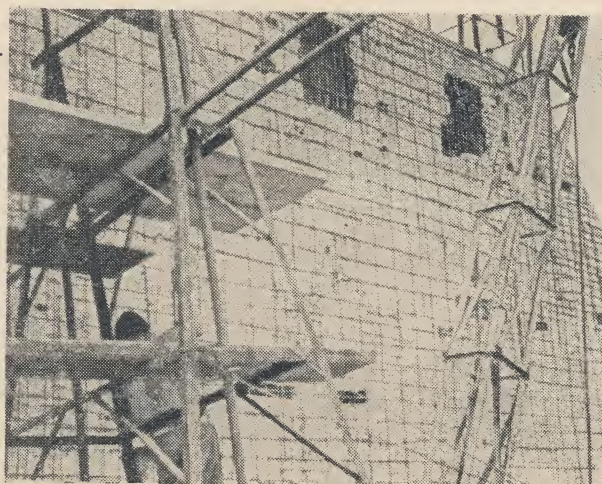
za prvi t. zv. temeljni sloj i za završni t. zv. pokrivajući sloj. Ta dva sloja nabacivana su u debljini od po cca 5 mm. Druga smjesa služila je t. zv. ispunjavajući sloj koji je nabacivan u dva ili tri sloja, već prema debljini torkreta, svaki sloj debljine cca 15 mm.

Sastav prve smjese bio je ovaj:

— cement: Puzzolanic cement for marine work — Ocean, Split, Prvoborac, 600 kg cementa na 1 m^3 gotovog betona;

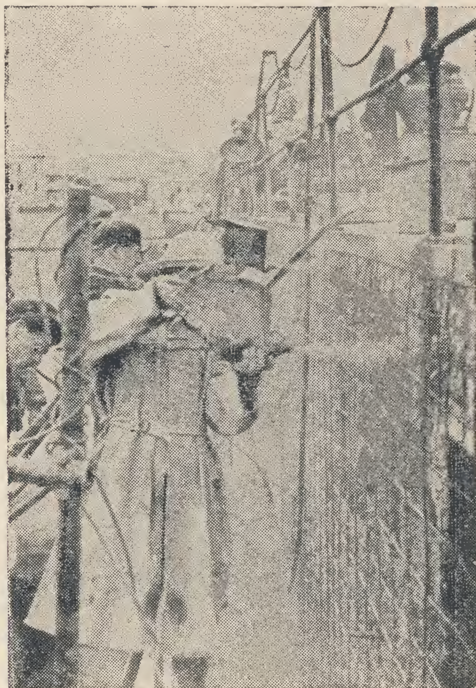


Sl. 2: Skidanje oštećenih površina



Sl. 3: Vanjska ploha prije torkretiranja

— kameni agregat: cca 1 320 kg 3 puta pranog i granuliranog pijeska od poduzeća »Proizvodnja kremenčeva peska — Puconci, Murska Sobota«. Granulometrijski sastav: 0,0 — 0,6 mm 8,5% 0,6 — 1,5 mm 63%, 1,5 — 3,0 mm 28,5%.



Sl. 4: Torkretiranje

Sastav druge smjese:

— cement: Isti kao kod prve smjese, sa 450 kg 1 m^3 gotovog betona.

— kameni agregat: kao kod prve smjese s najvećim promjerom zrna 7 mm i granulometrijskim sastavom: 0,0 — 0,6 mm 7%, 0,6 — 1,5 mm 44%, 1,5 — 3,0 mm 26%, 3,0 — 7,0 mm 23%.
Voda je uzimana iz vodovoda Kraljevica.



Sl. 5: Izmjena oštećenih elemenata okvira

Pored torkretne smjese pripravljen je beton za elemente okvira, koje je trebalo umetnuti na mjesto izvađenih horizontalnih i kosih elemenata. U tom slučaju uzeto je 400 kg »Puzzolanic« cementa na 1 m^3 gotovog betona, sa već pomenutim kamenim agregatom »Puconci« granulometrijskog sastava 0,0 — 15,0 mm.

Svim pomenutim betonskim mješavinama dodan je preparat »Sigunit« u težini od 2% težine cementa. »Sigunit« je produkt švicarske firme »Sika« — Kaspar Winkler & Co, Zürich, a upotrebljen je zbog postizavanja veće obradljivosti, zbog povećanja nepropusnosti za vodu i zbog nešto bržeg vezanja cementa.



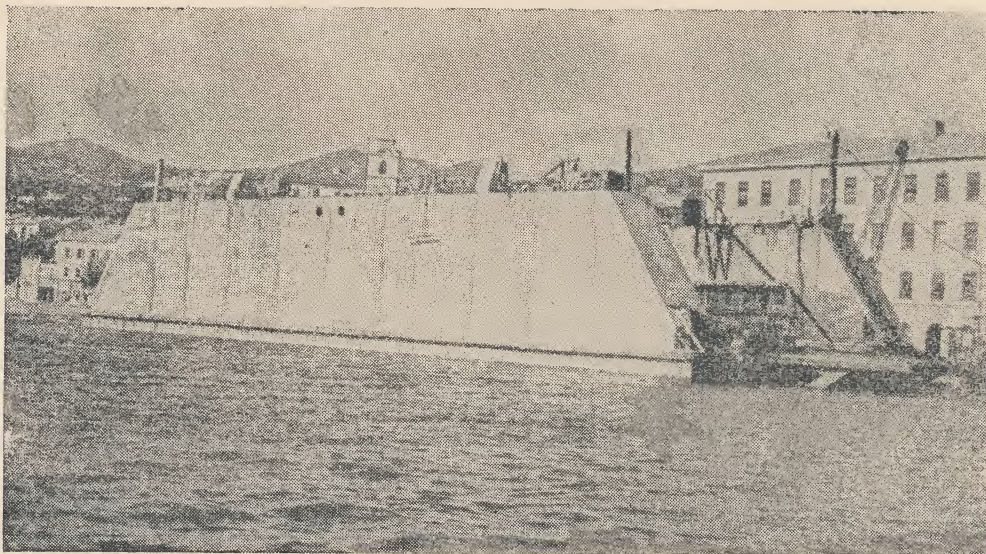
Sl. 6: Momenat za vrijeme torkretiranja

Na gradilištu i preko Instituta građevinarstva Hrvatske vršena su stalna ispitivanja betonske mase. Na samom gradilištu provedeno je ispitivanje pomoću »Empergerovih« gredica, i to 7 dana nakon pripremanja mase. U vremenu od 25. II. 1959. do 27. III. 1959. ispitano je do sloma 4 serije po tri gredice, pa su dobiveni prosječni rezultati od 228 kg/cm^2 do 384 kg/cm^2.

Institut građevinarstva ispitao je 4 serije po 2 normalne probne kocke. Betonske probne kocke za elemente okvira dale su prosječnu čvrstoću od 620 kg/cm^2, a ostale od 200 — 304 kg/cm^2. Institut je ispitao i probne ploče nepropusnost za vodu, i to 28 dana nakon pripremanja betona pod pritiskom od 2,5 at u trajanju od 24 h.

Probne ploče nisu imale standardne dimenzije, već 20×20×7, tako da se rezultati ne mogu uspoređivati. Ukupno ispitano je 5 serija po 3 probne ploče sa zadovoljavajućim rezultatima.

Na dane 7. V. do 9. V. 1959. izvršeno je prvo punjenje tankova vodom i uronjavanje doka, a nakon toga i prvo dizanje broda i to p/b »Pod-



Sl. 7: Dok nakon završene popravke

hum« od 300 t. Tom prilikom, kao i prilikom kasnijih dizanja većih brodova (»Žuženberk«), nisu se opazili vlažni prodori na oplati doka. Investitor je odao puno priznanje radnom kolektivu, koji je izvršio taj remont.

Elaborat je izradio »Rijeka - Projekt« — Rijeka, projektant i nadzorni organ Ing. M. Blažina. Izvođač »Elektrosond« — Zagreb.

Priložene slike prikazuju nekoliko momenata za vrijeme remonta doka.

S naših i inostranih gradilišta

POVODOM OTVORENJA »MOSTA SLOBODE« U ZAGREBU

Prof. Ing. **Kruno Tonković**, Zagreb

Trećeg rujna 1959. pušten je u promet novi cestovni most preko rijeke Save u Zagrebu (Trnje), koji je započet 1955. godine. Most je otvorio za saobraćaj predsjednik Narodnog odbora grada Zagreba, koji je dao tom objektu ime »Most Slobode«.

Most imade kolnik širok 14 metara, pa se po njemu može odvijati promet u četiri trake. Tako je ovaj objekt najširi veliki cestovni most u našoj državi. Kao sastavni dio mosta izvedeni su prilazi na obje obale rijeke Save. Na jugu, kojega još nije dosegla izgradnja, izveden je prilaz širok za sada 35 m sa širokim srednjim zelenim trakom u kojem se nalaze 12 metara visoki kandelabri. Time je obilježena centralna prometna arterija na predjelu Novog Zagreba, na koju će se slijevati promet iz Karlovca, Siska, a koja će vezati i novi aerodrom Pleso također nedavno otvoren za civilni saobraćaj.

Na sjevernoj obali rijeke, na području starijeg grada, nije bilo moguće odmah izgraditi definitivnu širinu prilaza, koji polazi od Glavnog kolodvora prema Savi, jer se tamo nalazi veliki broj malih kućica, koje treba porušiti. Probijena je za sada samo jedna traka kolnika široka 7,5 m do nove Vijećnice.

Radovi nisu niti na mostu još dovršeni, oni će se nastaviti dalje, ali promet neće biti prekidan. Prema predviđanjima most će biti posve dovršen krajem ove godine.

Iznijet ćemo najvažnije podatke o mostu i njegovim prilazima:

A — Opći podaci o prelazu

1. *Razdaljine*

Od nove Vijećnice u ulici Proleterskih brigada na sjeveru do aleje B. Kidriča (Velesajamske ceste) na jugu imade 2518 m.

U dionicu mosta ulazi potez od Beogradske ulice (Autoput) na sjeveru do aleje B. Kidriča na jugu.

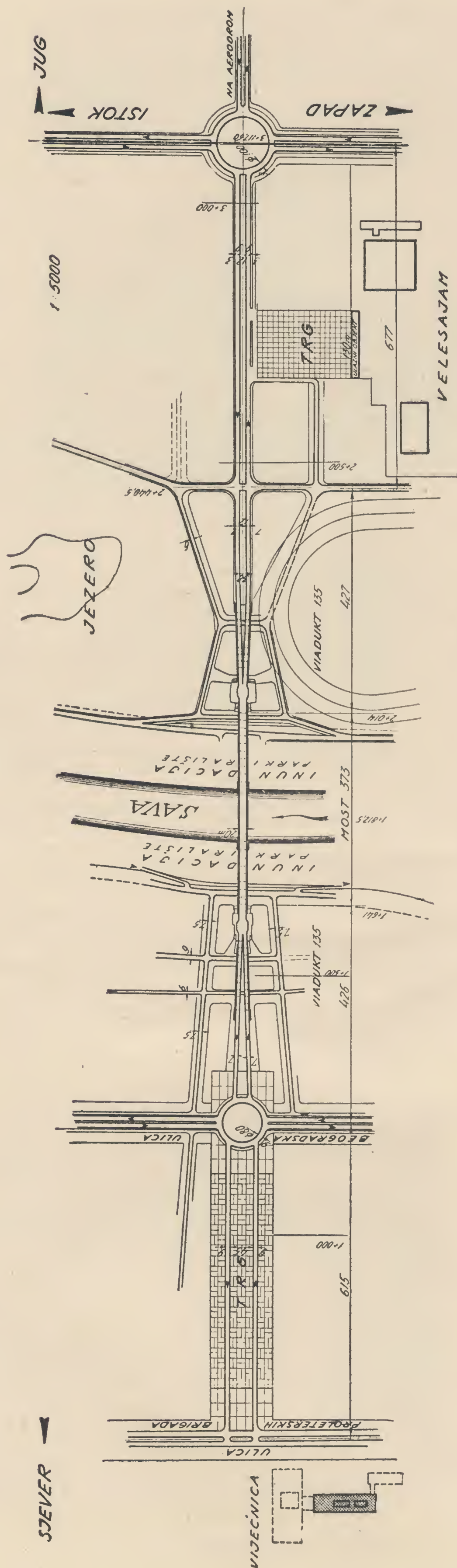
Sam most u užem smislu dug je	373 m
Sa upornjacima	560 m
Most sa upornjacima i viaduktima dug je	805 m

To je i ukupna duljina mostova toga prelaza.

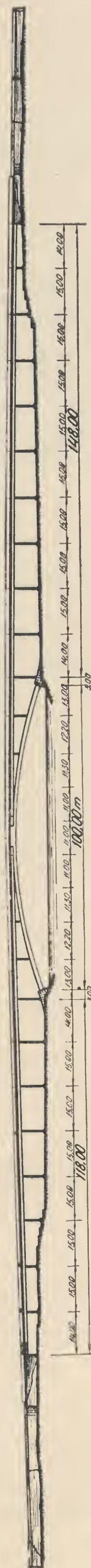
2. *Dijelovi*

Po dionicama je objekt podijeljen na:

1. Sjeverni prilaz:
   Cesta od autoputa do sjevernog upornjaka mosta,
   Viadukt »Sjever««



Sl. 1: Položajni nacrt mosta (Tonković)



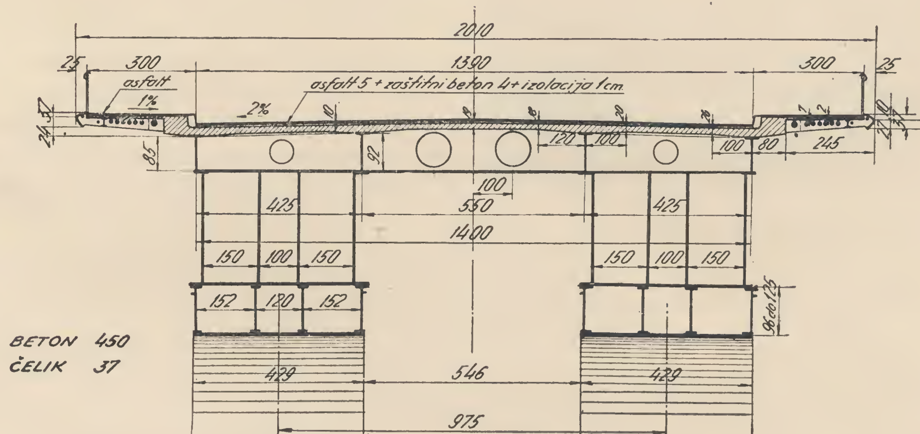
Sl. 2: Pogled na most bez viadukata

2. Most sadrži:
   Sjeverni upornjak mosta,
   Most,
   Južni upornjak mosta
3. Južni prilaz:
   Viadukt »Jug«,
   Cesta od južnog upornjaka mosta do aleje B. Kidriča.

Viadukti na sjevernom i južnom prilazu sadržani su u dionicama prilaza.

Na južnom prilazu od lokalne ceste do aleje B. Kidriča cesta je projektirana sa kolnicima u dvije trake 2×9,0 te hodnicima 2×4,0, sa predviđenom ukupnom širinom planuma od 38 m.

Na sjevernom i južnom upornjaku predviđena su proširenja za stajalište autobusa i zadržavanje pješaka. Sa širokih platforma upornjaka silaze po četvere stube od kojih su glavne široke cca 5 m, a sporedne cca 3 m.



Sl. 3: Poprečni presjek mosta

3. *Širine prilaza i mosta*

Na potezu od ulice Proleterskih brigada do Beogradske ulice (Autoput) cesta je predviđena u dvije trake sa kolnikom širokim 2×9,0 m = 18 m.

Na potezu od Beogradske ulice do mosta cesta ima kolnik u dvije trake 2×7,0 m, te dva hodnika po 3,0 m; ukupno 20 m širine.

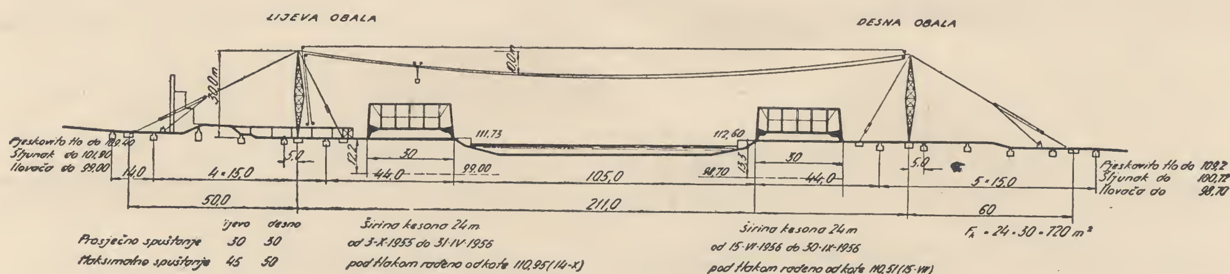
Trake se zbližuju od autoputa prema mostu, pa se na upornjaku posve spajaju.

4. *Niveleta prelaza*

Niveleta se na sredini mosta nad tjemenom luka diže na apsolutnu kotu 121,83. Na sjeveru je osnovna kota odakle počinje uspon prilaza 115,40 a na jugu 114,60 m.

Najveći uspon nivelete iznosi 1,6‰.

Konveksni prelom je zaobljen radiusom: R = = 11 250 m. Konkavni su lomovi zaobljeni: na sjeveru sa R = 14 000 m, na jugu sa R = 27 860 m.



Sl. 4: Shema velikih temelja u gradnji

Na mostu: kolnik je cjeloviti u širini od 14 m (13,6) sa dva hodnika 2×3,0 m tako, da je most širok ukupno 20 m.

Na južnom prilazu do lokalne poprečne ceste I—Z kolnik ceste je predviđen u dvije trake 2×7,0 m sa hodnicima 2×6,0 m širokim.

Trake kolnika razdaljuju se od upornjaka prema jugu do razmaka od 12 m, te dalje teku paralelno.

Najveće je uzdizanje:

	sjever	jug
nad osnovnim prilazima:	6,4 m	7,3 m
nad terenom:	8,2 m	9,3 m

B — Potanji podaci

1. *Temeljenje*

Tlo na kojem se most nalazi sadrži ove slojeve raznih debljina:

a — pjeskoviti materijal do kote cca 110,0
b — šljunak, razne granulacije do kote cca 101,0
c — ilovača do nedohvatne dubine.



Sl. 5: Temelji za vrijeme izgradnje

Lukovi su temeljeni na kesonima. Dno kesona je dugo 30 m, a široko 24 m, te imade površinu od 720 qm.

Kesoni su spušteni u tlo do sloja ilovače, tako da se nalaze na lijevoj obali cca 13,2 ispod terena, a na desnoj obali cca 13,6 m (kota 99,0).

Mali su temelji dosegli svuda slojeve šljunka, a kod onih stupova, koji se nalaze u inundaciji osigurani su temelji za slučaj podlokavanja, sa drvenim pilotima.

Svi ostali temelji leže na naslagama šljunka.

2. *Most*

Glavni dio prelaza je most preko korita i inundacija rijeke Save.

Korito za srednju vodu premošteno je u jednom otvoru raspona 100 m.

Glavna je konstrukcija izrađena od čelika St 37, koji je preuzimam u valjaonici. Materijal je ocjenjivan po propisima željeznica. Ispitivana je žilavost materijala kod —25°C. Najdeblja je lamela od 48 mm.

Odnos debljine luka prema rasponu iznosi cca 1 : 100.

Lukovi su sandučastog profila, a široki su konstantno: gornji pojas 4450 i donji pojas 4286 mm. Na petama su lukovi usidreni pomoću vijaka Ø 58 mm u blok kljuna temelja.

Pri tjemenu je luk dijelom sjedinjen s glavnim nosačima mosta, tako je u tjemenu dobivena forma završnog kamena svoda.

Strijelica je luka 7350 mm.

Sploštenost je luka: 1 : 13,6, koeficijent smjelosti 1360.
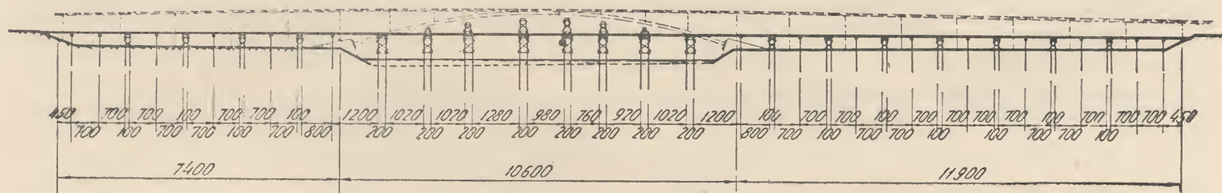
Maksimalni horizontalni potisak luka u opterećenom stanju iznosi 2850 t.

Vertikale glavnih nosača nalaze se na razmaku od 15 m, ali je prvi raspon 14 m. Razmaci vertikala na luku također su manji, oni se kreću od 13 do 11 m. To su i rasponi glavnih nosača.



Sl. 6: Pogled na naprave za izvedbu temelja

Glavni su nosači pomosta punostijeni. Vanjski nosači imaju hrbat visok 850 mm, a hrbat unutarnjih nosača je visok 920 mm. Tolika je visina bila potrebna obzirom na raspon i vodovodne cijevi, koje prolaze između njih. Glavni su nosači kontinuirani na više polja, ali je konstrukcija blizu lu-



Sl. 7: Montažna skela

kova razdijeljena na sektore pomoću zglobova u poljima. Glavni su nosači tretirani kao spojeni nosači (traverza sa betonskom pločom).

Vertikale su ispunjene betonom, a u svakoj drugoj vertikali je smještena cijev za odvodnju.

Hodnici se nalaze na konzolama od čelika, osim jednog dijela od betona, koji je usko vezan na djelovanje ploče kolnika i čeličnih nosača.

Konstrukcija je djelomično zavarena, a djelomično zakivana. Gdje je god to bilo moguće predviđeno je zavarivanje. Zavarivalo se je elektrodom Böhler-EV 47, a sekundarni šavovi sa elektrodom »Drava« — Jesenice.

Glavni nosač preko korita je upeti luk, koji je u tjemenu visok (osnovno) 1000 mm, a u peti 1300 mm.

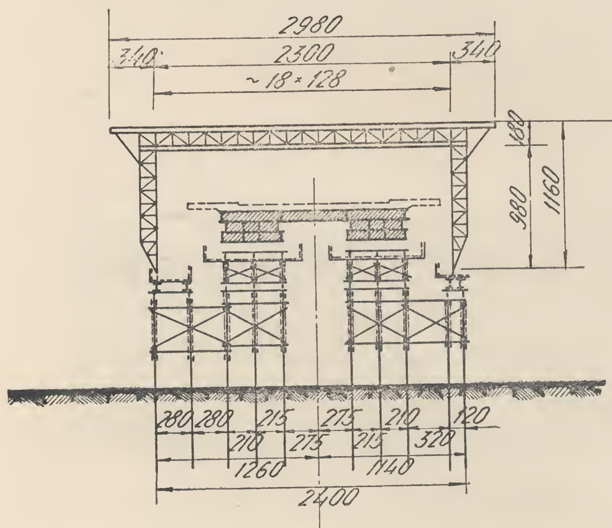
U čeličnu konstrukciju ugrađeno je:

vertikale	170 t
glavni nosači	333 t
poprečni nosači	151 t
lukovi	786 t
ležaji	26 t
Ukupno:	1466 tona

Ploča kolnika predviđena je od betona marke 450 s time, da se po mogućnosti postigne i bolji kvalitet. Ploča je debela prosječno 20 cm.

Za gornju konstrukciju potrebno je bilo 1510 kubika betona i 284 tone armature.

Ploča je betonirana tako da su nosači od čelika bili podupрti u sredinama raspona, da se tako aktivizira spojeni nosač i za stalni teret.



Sl. 8: Poprečni presjek montažne skele

3. Upornjaci mosta

Između viadukta i mosta nalaze se upornjaci mosta. U njima su predviđene prostorije za cijevi vodovoda, koje se ovdje savijaju tlocrtno i vertikalno. Prostorija je u tlocrtu velika 16×18 m. Zidovi platoa upornjaka obloženi su kamenom. Gornja ploha sjevernog upornjaka imade dimenzije otprilike 70×28 m, sa vega 1960 qm, a gornja ploha južnog upornjaka je velika 63×39 m, sa svega 2450 qm.

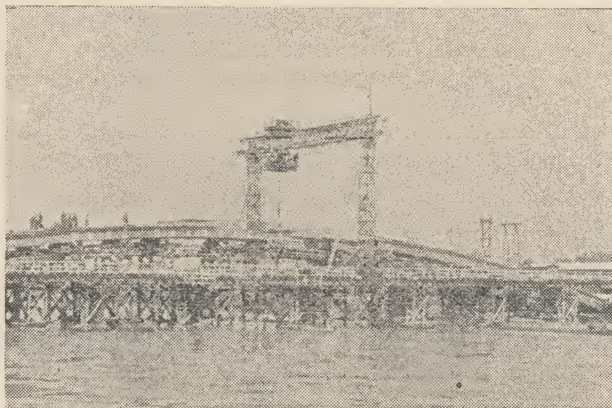
Vidljiva obloga zidova izrađena je od kamena iz Brača (Veselje) i Dubrave kod Šibenika.

4. Viadukti

Na sjevernom i južnom prilazu nalaze se viadukti. Oni su jednako dugi i to svaki imade:

10 otvora po 13,5 = 135 m.

Viadukti su po širini razdijeljeni u dva samostalna objekta, tako da jedan krak služi za jedan smjer, a drugi za drugi smjer prometa.



Sl. 9: Pogled na montažu luka

Svaki viadukt imade na mjestu oslonca po dva stupa. To su u presjeku dugoljaste čelične cijevi koje su ispunjene betonom marke 450.

Glavna konstrukcija viadukta je armirana betonska ploča debela 55 do 67 cm. Ploča je izvedena od betona M-300, a u partijama oko stupova je povećan kvalitet betona na M-450. U ploču je ugrađeno 850 kubika betona i 119 tona čelika St 37 za jedan krak viadukta.

5. Instalacije i vodovi

Na mostu nalaze se različni vodovi i instalacije.

1. Glavne su vodovodne cijevi, koje idu od zdenaca u Maloj Mlaki u grad. Cijevi su razdijeljene u četiri manja profila (2×550 i 2×800 mm) radi podesnijeg smještaja u konstrukciji i radi podesnijih eventualnih popravaka. Uz cijevi postoji i posebni otvor za telefonske i električne kablove vodovodne službe.

Za provođenje plina nalazi se na uzvodnoj strani rupa profila 160 mm za cijev profila 125 mm.

Na nizvodnoj strani isto takav otvor predviđen je za radiokabel.



Sl. 10: Detalj kamenarskih radova

Za potrebe PTT predviđeno je na uzvodnoj strani pet rupa profila 125 mm.

Na nizvodnoj strani nalaze se isto takovi otvori za kabele jake struje.

Osim tih kabela predviđena su za ostale javne potrebe još dva rezervna otvora.

Za čišćenje mosta predviđene su posebne vodovodne cijevi sa svake strane mosta u hodnicima.

Za rasvjetu mosta ostavljeni su uz svaku ogradu otvori profila 82 mm za provođenje kabela.

Za ilustraciju opsega tih radova navodimo, da je samo za cijevi i konstrukcije vodovodnih instalacija potrebno 360 tona čelika. Za plinovod bilo je potrebno cca 6 t bešavnih cijevi i t. d.

Planovi krojenja limova;

Poprečni nosači;

Ploča kolnika;

Konzole hodnika;

Statički proračun pomosta, glavnih nosača I, II;

Statički proračun lukova, dodatak, promjene;

Čelične konstrukcije — prilozi;

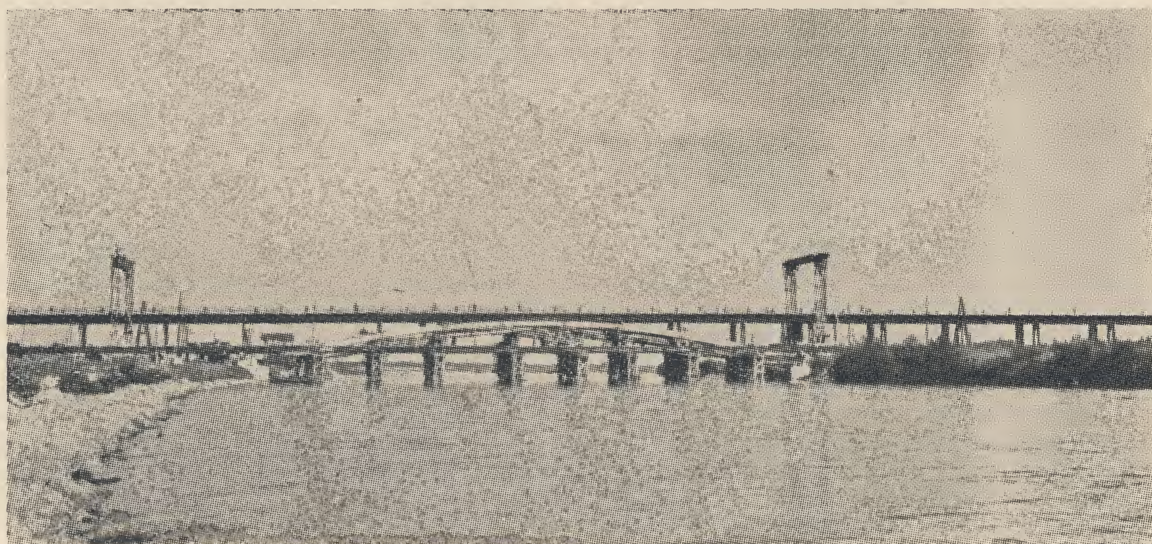
Južni upornjak — crteži, prilozi;

Južni viadukt;

Južni prilaz;

Vodovod — crteži, prilozi;

Ograde;



Sl. 11: Pogled na čitav most prilikom otvorenja

C — Projekt

Projektni elaborat za most i prilaze relativno je vrlo opsežan. Interesantan je već i sam pregled svezova elaborata:

Investicioni program — most, sjeverni prilaz, južni prilaz, instalacije;

Idejni projekt mosta, prilaza, prometa na jugu;

Sjeverni prilaz;

Viadukt »Sjever« — donji ustroj, gornji ustroj, prilazi;

Statički proračun viadukta;

Sjeverni upornjak — crteži I, II, III, promjene, prilozi;

Kamenarski radovi I, II, kamenovi kljuna;

Mali temelji;

Veliki temelji;

Projekt kesona (Mostogradnja);

Pregledni crteži čelične konstrukcije;

Vertikale;

Lukovi I, II;

Glavni nosači: vanjski, unutarnji;

Prelazne konstrukcije;

Odvodnja i hidranti;

Plinovod i drugi vodovi; Rasvjeta. Svega 52 sveza projektnog elaborata.

Projekt je izradio Inženjerski projektni zavod u Zagrebu, projektant:

Prof. Ing. K r u n o T o n k o v i ć,

koji je preuzeo i tehnički pregled radova sa suradnicima: Ing. M. Ljubi, Ing. M. Veršec, Ing. D. Brković, Ing. M. Koščak, Ing. G. Horvatić, Ing. Z. Lončarić i Ing. D. Horvatić.

D — Gradnju su izvela poduzeća

1. Temeljenje, upornjake, viadukte, montažu čeličnih konstrukcija i pomost: »Mostogradnja« — Beograd — rukovodilac gradilišta:

Ing. S t a n k o Š r a m.

2. Čeličnu konstrukciju:

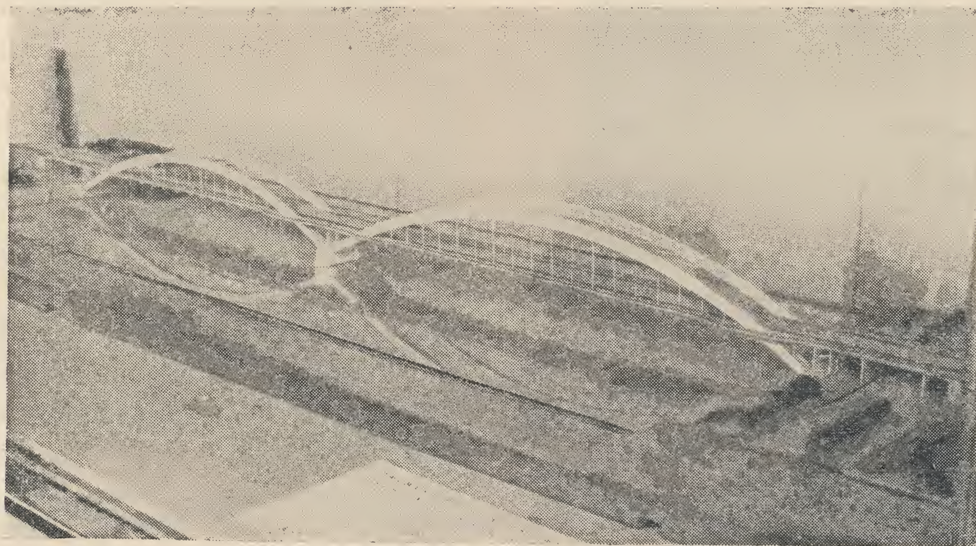
»Željezara Jesenice« — Jesenice,
»Đuro Đaković« — Sl. Brod,
»Metalna« — Maribor,
»Goša« — Palanka.

3. Kamenarske radove:
   »Jadran kamen« — Split,
   »Granit« — Zagreb,
   »Oplotnica« — Oplotnica (Pohorje).
4. Zemljoradnje i ceste na prilazima:
   »Hidroelektra« — Zagreb,
   »Hidrotehna« — Zagreb,
   »Put« — Zagreb.
5. Vodovodne i plinske instalacije:
   »Industromontaža« — Zagreb.
6. Asfaltne radove:
   »Viadukt« — Zagreb.
7. Zaštitne premaze:
   »Chromos« — Zagreb.
8. Električne instalacije:
   »Elektra« — Zagreb.

GRADNJA MOSTA PREKO DUNAVA KOD NOVOG SADA

Problem cestovnog i željezničkog prometa preko Dunava kod Novog Sada riješit će se izgradnjom novoga mosta, na kojem su u toku radovi na skelama za armiranobetonske lukove.

Dva kruto ukrućena armirana betonska luka s obješenom odn. djelomično poduprtom kolovoznom pločom od prenapregnutog betona ukupne dužine 466,45 m povezivat će obale Dunava. Veći luk ima ukupan raspon 235,65 m, odn. čisti otvor 211,00 m, a manji luk 176,05 m odn. 165,75 m. Oni su povezani s obalama kolovoznom pločom dužine 32,75 m i 22,00 m.



Sl. 1: Maketa mosta

Pripremni radovi za gradnju mosta započeli su 1957 godine, kada su izgrađeni betonski kesoni za temeljenje lukova, koji su na mjestu temelja položeni u toku 1958 godine. Keson u sredini korita Dunava svojom veličinom od 39,50 × 24,50 m spada među najveće dosad postavljene kesone. On je postavljen na apsolutnoj koti 55,00 m, odn. 20 m ispod srednje visine vode Dunava.

Sada su u toku završni radovi na postavljanju skele za paralelne armirane betonske lukove, koji su u osovini razmaknuti 16,55 m. Skela za manji luk uz desnu obalu Dunava skoro je potpuno gotova. Izrađena je od vojno-montažnih skela sistema Kohn i Roth-Wagner raspona 35,0 + 45,0 + 45,0 + + 35,0 m, a postavljena je na provizornim stupovima u Dunavu, koji su fundirani na pilotima. Ispuna na potreban oblik luka izrađena je od bešavnih cijevi.

Za veći luk trebalo je postaviti skelu, koja će omogućiti normalnu plovnost Dunavom za vrijeme građenja. Ona će se izraditi pomoću 4 paralelna betonska luka raspona 110 m od gotovih armiranih betonskih elemenata. Svaki luk sastoji se od 11 elemenata, od kojih su krajnji dužine 15 m, težine 24 tone, a srednji 10 m i težine 16 tona. Na te betonske lukove oslonit će se skela za



Sl. 2: Radovi na postavljanju skele. Skela za manji luk je skoro završena, a na većem su radovi u toku

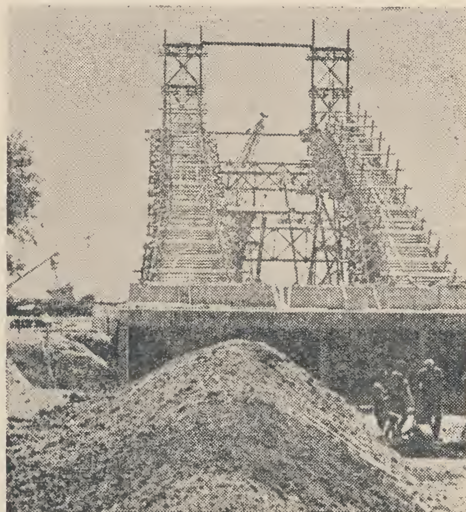
definitivni luk, čiji krajnji rasponi su savladani vojno-montažnom skelom ruskog sistema, a do potrebne visine izvršit će se ispuna bešavnim cijevima.



Sl. 3: Detalj montiranja betonskih lukova — skele za veći luk

Betoniranje lukova počet će početkom kolovoza, a završiti u toku decembra ove godine.

Na gotove armirane betonske lukove izradit će se vješaljke od prenapregnutog betona, na čijem doljnjem kraju dolaze poprečni I nosači, kroz koje prolazi prednapregnuta armatura, koja izbetonirana zajedno s poprečnim nosačima čini kolovoznu ploču, s niveletom na apsolutnoj koti 88,00 m.



Sl. 4: Pogled na dio gotove skele za veći luk

Širina ploče je 19,05 m, od toga je cestovni kolovoz 9,90 m, željeznička pruga 4,40 m, 2 pješačke staze od 1,90 i 3,25 m, te zaštitne trake.

Ukupno će se za izgradnju mosta utrošiti 26 500 m³ betona i 1 600 tona čelika, a cijena radova iznosit će 1 800 000 000 Din. Završetak radova na mostu predviđa se krajem 1960 godine.

I. K.

Iz građevne industrije

DOMAĆA I STRANA GRAĐEVNA MEHANIZACIJA NA JUBILARNOM ZAGREBAČKOM VELESAJMU 1959. GODINE

Milan Jančiković, Zagreb

Jedna tako značajna međunarodna privredna manifestacija kao jubilarni jesenski Zagrebački Velesajam, koji se održava od 5. do 21. rujna 1959. godine, nije mogla mimoići građevinarstvo kao privrednu granu. Odaziv privrednika domaćeg i međunarodnog tržišta da sudjeluju na ovoj priredbi, vrlo je velik. Ovaj Velesajam je time dobio obilježje prenosnika privredne kulture, transmisije radnih iskustava i postao siguran put privrednog zbližavanja.

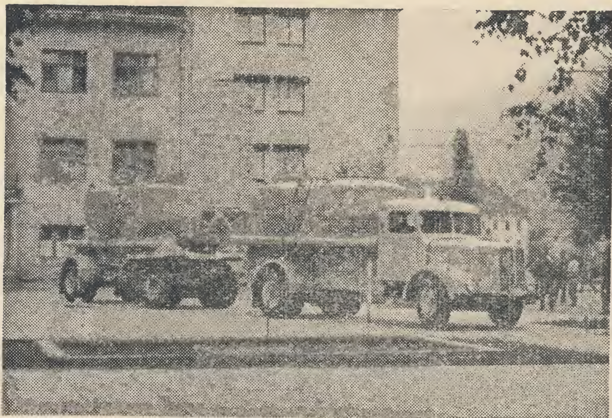
Da bi upoznali građevne stručnjake sa domaćim i stranim dostignućima na polju građevne mehanizacije, dat ćemo u kratkim obrisima prikaz tog stanja, u namjeri da time pripomognemo mjerama za unapređenje građevne proizvodnje, koja se bez suvremene građevne mehanizacije ne da zamisliti.

Razvoj građevne mehanizacije krenuo je daleko naprijed. Izobilje vrsta i tipova građevnih strojeva, te stalna pojava novih, zahtjeva od savremenog inženjera i tehničara poznavanje i stalno praćenje nove investicione opreme i reprodukcionog materijala.

Obilje i raznolikost izloženih eksponata građevne mehanizacije dozvoljava nam samo, najkraći opis zatečenog stanja i ukazivanje na proizvođače i njihove strojeve ne upuštajući se u opisivanje tehničkih detalja.

Domaću građevnu mehanizaciju izložila su dvadesetak poduzeća jugoslavenske mašinogradnje, i to:

»BRATSTVO-JEDINSTVO«, Zemun: transporter, japanere, kolica;

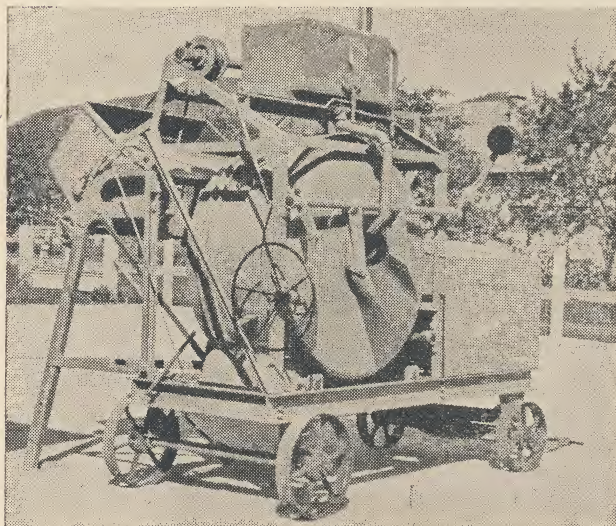


Sl. 1: Autocisterna za rinfuzni prevoz cementa i gradilišni silos

»DALIT«, Daruvar: jaružare kabličare, mlinove za mljevenje zemlje i kamena, opekarske vakuum agregate, stolove za rezanje opeke i crijepa, transportne uređaje za ciglane, revolver preše za crijep;

»DOM«, Kočevje u kooperaciji sa *»FAP« Priboj:* izložili su dugo očekivani prvenac autocisterne za rinfuzni prevoz cementa s prikolicom (kapaciteta 2×3,5 tone na kamionu i 2×4,5 t na prikolici, ukupno 16 t cementa) i 2 tipa gradilišnih silosa (od 10 t i 24 t). *Slika 1* prikazuje ovaj uređaj. Informativna cijena autocisterne je 13 miliona, prikolice 5,5 miliona, silosa od 10 tona 0,678 miliona, silosa od 24 tone 1 milion. Proizvođači predviđaju u 1960 godini izradu 60 takvih uređaja.

»ĐURO ĐAKOVIĆ«, Slavonski Brod: dizalice, bagere, čeljusne drobilice, cestovne valjke parne i motorne, te prototip dampera. Damper zapremine korpe 2,8 m³ stoji 6,3 miliona. Treba posebno pozdraviti pojavu dampera domaće proizvodnje, jer su oni na gradilištima danas skoro sasvim zamijenili zastarjeli i neekonomičan prevoz dekovilskim lokomotivama i vagonetima vezanim na kolosjek;



Sl. 2: Betonska mješalica »SKIP« od 500 l

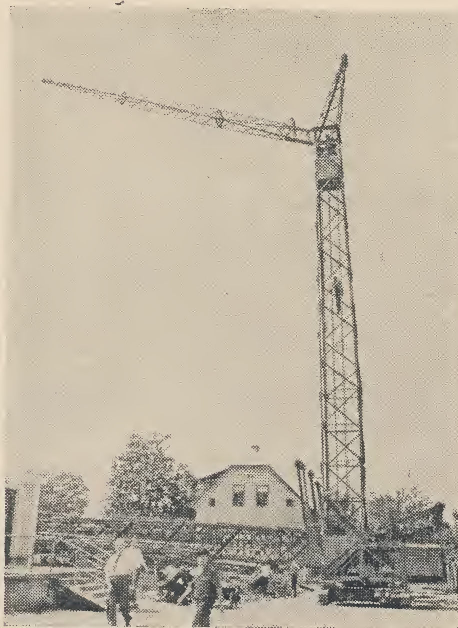
»GORIŠKE STROJNE TOVARNE«, Nova Gorica: jaružar kabličar, transportna kolica;

»INDOS«, Ljubljana: hidraulički bager 0,35 m³ i transportne viličare;

»LITOSTROJ«, Ljubljana: pokretni kranovi, čeljusne drobilice, opekarski vakuum agregat;

»IVO LOLA RIBAR«, Železnik: opekarski vakuum agregat;

»14. OKTOBAR«, Kruševac: trasporteri, bageri, mješalice za beton, cestovni valjci, skreperi, ježevi, elevatori i dr.;



Sl. 3: Toranjski kran »SKIP«

»METALNA«, Maribor: transporteri, građevinske dizalice, kranovi;

»JELŠIGRAD«, Banja Luka: vibracioni nabijač (prototip) vitla, dizalice;

»STROJNA TOVARNA«, Trbovje: drobilice za kamen, skreperi, vitla, elevatori, dizalice;

»TRUDBENIK«, Doboj: pervibratori, pneumatski bušači čekići, kompresori;

»METAL«, Bjelovar: prečistač gline;

METALNI ZAVODI »TITO«, Skopje: mješalice za beton, mješalice za žbuku, pumpe;

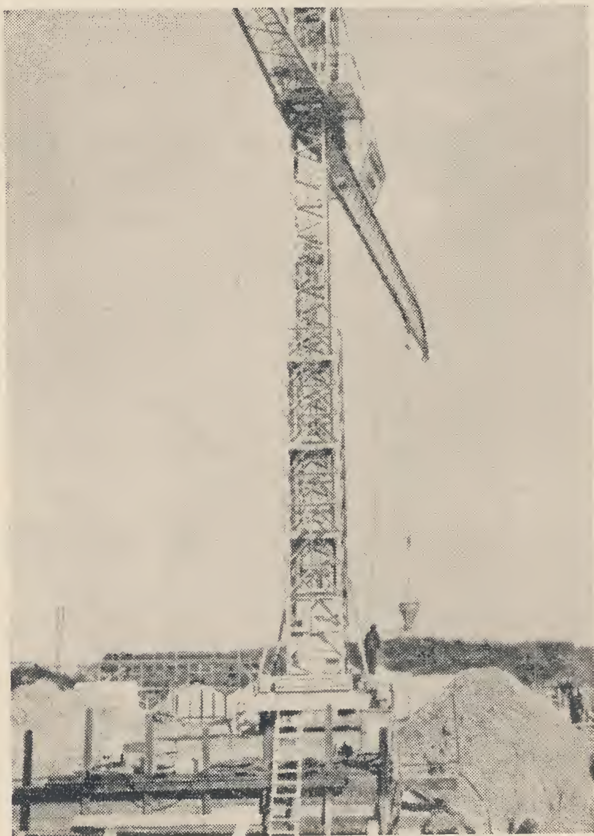
»SLAVONSKI PARTIZAN«, Sl. Brod: hidraulički skreper;

ŽELJEZARA »RAVNE«, Ravne: pneumatski bušači čekići;

»INDUSTRIJA TRAKTORA I MAŠINA«, Beograd: betonske mješalice;

»SKIP«, Ljubljana: mješalice za beton *(sl. 2),* toranjska dizalica *(sl. 3),* građevinske dizalice.

Od stranih proizvođača građevne mehanizacije prikazali su svoje eksponate: Austrija, Čehoslovačka, Zap. Njemačka, SSSR, Mađarska, Poljska, Italija, Engleska, Švicarska i USA sa ukupno 33 izlagača. *Slika 4* i *5* prikazuje jednu vrlo suvremenu toranjsku dizalicu tvrtke »SCHWING« s radnim dosegom do 60 m.



Sl. 4: Toranjski kran »SCHWING«

Ovo obilje izložene domaće i strane mehanizacije na ogromnom prostoru Velesajma zahtjevalo je poduzimanje nekih praktičnih mjera kako za lakši pregled izloženih eksponata, tako i brži otkup stranih uzoraka. U tom cilju je Udruženje građevnih poduzeća u sporazumu s Upravom Velesajma organiziralo *posebne dane građevinarstva (11, 14 i 15 rujna),* u kojima su posjetioci - građevinari razglasnom stanicom upozoravani, da jedan službenik Udruženja u klubu privrednika na Velesajmu pruža sve informacije u pogledu smještaja eksponata, popisa proizvođača otkupa stranih eksponata i t. d. Pored toga posebne komisije Saveznog izvršnog vijeća i Investicione banke na samom Velesajmu rješavale su molbe za otkupe stranih eksponata, kako bi se nabavke što prije realizirale.



Sl. 5. Toranjski kran »SCHWING«

Tako je svaki posjetilac - građevinar napustio Zagrebački Velesajam s uvjerenjem o zadivljujućem napretku građevne mehanizacije u jubilarnom periodu 1909. — 1959. godina.

Iz inozemnih časopisa

DIZALICE GURAJU VELIKU CIJEV ISPOD AUTOPUTA

(Engineering News-Record, New York, maj 1959.)

Nedavno je u Njujorku ispod autoputa sa 6 saobraćajnih traka provučena pomoću dizalica čelična cijev promjera 1,70 m.

Cijev je duga 31 m. Ona služi za zaštitu betonske vodovodne cijevi promjera 1,20 m.

Tlo, kroz koje prolazi cijev, sastoji se od finog pijeska, koji je bio ugrađen hidraulički. Izvođač je pretpostavljao, da će otpor trenja iznositi 1 200 do 1 700 kg po m² vanjske površine cijevi. Pokazalo se, da je taj račun bio približno točan, izuzev za prvu četvrtinu dužine cijevi.

Ukupan teret dizalice za prvih 8 m iznosio je do 150 tona. Otpor po jedinici površine dosizao je 8 000 kg/m².

Preostala 23 m zahtijevala su silu dizalice 150 do 230 tona. Otpor na obodu cijevi kretao se između 1 200 i 2 500 kg/m².

Poslije kratkih prekida rada otpor protiv prodiranja cijevi je rastao vrlo malo. Kad je prekid rada trajao 8 sati (kod rada u 2 smjene), otpor je porastao samo za 4%. Poslije dužih prekida rada, otpor je rastao mnogo više. Poslije prekida od 16 sati (kod rada u 1 smjeni) porast otpora protiv prodiranja je dosizao 28%, a poslije prekida od 64 sata (preko nedjelje) on je iznosio 44% više nego u trenutku prekida posla.



Hidrauličke dizalice od 200 tona (1) djeluju na čeličnu cijev (2) posredstvom ploča za raspodjelu tereta (3)

Dizalice su bile smještene u jamu iskopanu kraj ceste, tlocrtne površine 8/3 m, dubine 5 m. Dizalice su bile dvije, svaka po 500 tona, sa hodom 1,10 m. Dizalice su djelovale na cijevi u dvije suprotne točke na horizontalnom promjeru presjeka cijevi, ali se sila prenosila pomoću čeličnih ploča na čitav obod cijevi (v. sliku).

Cijev se ugrađivala u komadima dužine po 5 m. Ona je prodirala u cestovno tijelo točno u željenom pravcu (ovo je bilo od važnosti, jer ispod ceste vodi cijev od kanalizacije, koju je čelična cijev trebala da mimoiđe na udaljenosti od dvadesetak centimetara.)

Ugrađivanje čelične cijevi trajalo je 3 nedjelje.

Poslije ugradbe čelične cijevi u njoj je izrađena betonska podloga i ugrađena betonska vodovodna cijev.

B. P.

NAJVEĆA HIDROELEKTRANA

(Engineering News-Record, New York, maj 1959.)

U odboru za javne radove Američkog senata prihvaćen je prijedlog da se pristupi izradi studija za podizanje velike hidroelektrane na rijeci Jukon u Alaski.

Gradnjom brane 120 m visoke i 750 m duge u kanjonu Rampart (oko 160 km sjeverozapadno od grada Fairbanks) dobilo bi se akumulaciono jezero 360 km dugo, 80 km široko. Elektrana bi bila snage 5 miliona kW. Stvaranje umjetnog jezera imalo bi i povoljnog utjecaja na klimu.

Istražni radovi i projektiranje će stajati 1 milijon dolara, a trajat će 3 godine. Građenje bi predvidivo trajalo 8 godina, a ukupni troškovi se cijene na milijardu do milijardu i po dolara. Struja bi stajala 1/10 centa (oko pola dinara) po kWh, što bi privuklo u taj sada pusti kraj industriju i dovelo do ekonomskog procvata zemlje.

No području, koje bi bilo poplavljeno, nema većih ljudskih naseobina, ni cesta, ni željeznica. Malobrojni stanovnici tog kraja stanuju u kolibama, a bave se lovom i ribarenjem.

Ukupan hidropotencijal Alaske se cijeni na 18 milijona kW, a dosada je iskorišteno u svemu 30 000 kW.

B. P.

ORGANIZACIJA TRANSPORTA U RIMU

(Le Génie Civil, Paris, mart 1959.)

Grad Rim posjeduje samo jednu liniju podzemne željeznice, tako da se najveći dio prometa odvija tramvajima, autobusima i trolejbusima, čija duljina linija u eksploataciji iznosi 167, 414 i 153 km. Zbog razaranja u ratu, ove službe su bile postepeno obnavljanje i od 1949. poduzete su mjere za modernizaciju instalacija i obnovu materijala voznog parka. Sadašnje stanje mreže i uslove eksploatacije izložio je M. A. Patrassi u časopisu Ingegneria Ferroviaria od jula—augusta 1958.

Vozni park tramvaja, malo oštećen ratom, sastoji se pretežno od motora i prikolica s dvije osovine. Nova kola su evropska verzija američkog tipa PCC, koja po svom kapacitetu nadilaze dosadašnji motor i prikolicu, a u eksploataciji su korisnija, njihova vuča

je potpuno električna s elektromagnetskim komandama, čime se osigurava brzo kretanje, a u punoj sigurnosti.

Autobusi i trolejbusi su općenito tipa velikog kapaciteta na dvije osovine s motorom od 150 KS, s karoserijom duljine 11 m. Odskora se nalaze u prometu autobusi sa tri osovine i od 200 KS, duljine 17 metara, i to na prugama, koje spajaju predgrađa s centrom.

Fiksne instalacije tramvajskih i trolejbuskih linija bile su predmet različitih poboljšanja. Infrastruktura tračnica karakterizira se uklanjanjem traverzi, što je moguće zbog novog načina popločavanja tramvajskih tračnica. Presjek linije kontakta povećan je s 85 m na 100 mm². Tramvajske lire opskrbljene su grafitnim kontaktnim podlogama.

Autor naročito izlaže organizaciju prometa, koju je teško provesti zbog gustoće saobraćaja u gradu. Ta se organizacija odnosi na različite točke kontrole prolaza vozila, a radiotelefonska veza omogućuje brzu intervenciju centralnih službi u slučaju nesreće. Na kraju su dani neki rezultati eksploatacije, naročito broj prevaljenih kilometara tramvaja (35%), autobusa (41% i trolejbusa (24%).

B. D.

Iz Društva građevinskih inženjera i tehničara N R Hrvatske

PREDAVANJA U PRIREDBI INSTITUTA GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE

Institut građevinarstva Hrvatske Zagreb priređuje povremeno predavanja domaćih i stranih stručnjaka o temama iz područja razvoja građevinarstva, naročito stambene izgradnje, te o temama iz razvoja institutskih metoda ispitivanja materijala i konstrukcija.

Prvo predavanje u god. 1959 održao je g. *Winqwist*, direktor švedskog poduzeća Siporex, o proizvodnji ovog materijala kao i o izgradnji montažnih kuća od siporeksa. Predavanje je održano u dvorani Srednje tehničke škole.

Drugo je predavanje organizirano u zajednici sa Sekretarijatom za stambene poslove NOGZ-a, kao prvo u nizu predavanja, koja će obrađivati problematiku materijala i konstrukcija u stambenoj izgradnji. Nakon uvodnih riječi Ing. Bedekovića, direktora IGH te druga Despota, načelnika Sekretarijata za stambene poslove NOGZ-a, prikazao je Ing. Helebrant tehnološki proces dobivanja siporeksa kao i gradnju montažnih kuća siporeksom. Predavânje je održano u dvorani Dit-a.

Treće predavanje organizirano je u zajednici sa poduzećem Centralcomerce, Zagreb. Predavač je bio g. M. Falk stručni predstavnik engleskog poduzeća Falk & Co, a tema je bila opis i demonstracija novijih tipova engleskih aparata za ispitivanje materijala bez razaranja.

U prvom dijelu predavânja predavač je opisao nekoliko sistema takvih ispitivanja kao: ispitivanje zrakama, ispitivanje elektrodinamičkim putem i ispitivanje betona ultrazvukom. U drugom dijelu predavač je izveo demonstraciju rada aparata gore navedenih sistema. Predavanje je održano u dvorani Dit-a i bilo je vrlo dobro posjećeno.

Nakon povratka poljske delegacije Društvo je primilo dopis Saveza poljskih inženjera i tehničara ovoga sadržaja:

Warszawa, 14. VII. 1959.

Drage kolege,

U ime Saveza poljskih inženjera i tehničara građevinara, želimo Vam uputiti tople zahvale za srdačni prijem, kojega ste priredili našoj delegaciji za vrijeme zadržavanja u Vašoj domovini.

Želimo također, da bi zahvalu izrazili i svim ostalim članovima Vašeg Društva koji su radili na tome, da je naša delegacija sa svojega putovanja ponijela mnogo užitaka i mnogo nezaboravnih uspomena.

Uvjereni smo, da će se naši neposredni prijateljski kontakti zadržati i u budućnosti, i da će se još produbiti. Nadamo se, da ćemo mnoge od Vas imati prilike pozdraviti u našoj domovini.

Ostajemo u željama za daljni razvoj naše suradnje i prijateljski Vas pozdravljamo.

Glavni sekretar: *Mgr. ing. Antoni Tarczewski*

Bibliografija

NAŠE GRAĐEVINARSTVO, god. XIII., br. 8, avgust 1959., Beograd: Sodnik: Produktivnost u građevinarstvu. — Hiba: Tendencije razvitka savremenih vozila kao faktora opterećenja drumskih mostova. — Hadžović: Betoniranje podnožnog svoda tunela. — Rapajić: Drenaža plastičnim cevima. Indeksi fizičkog obima građevinske proizvodnje (Metodi izračunavanja). — Kalafatović: Neki aspekti za rešavanje problema investicija u građevinarstvu. — Društvene vesti.

NAŠE GRAĐEVINARSTVO, god. XIII., br. 9, septembar 1959., Beograd: Trojanović: Zakoni sličnosti statičkih veličina ,deformacija i napona grednih sistema i ukleštenih lukova istog tipa za uticaje osnovnih opterećenja i promene stanja. — Smirnov: Jedno mišljenje o određivanju opterećenja tunelskog profila i o ekonomici podzemnog građenja u vezi s tim.

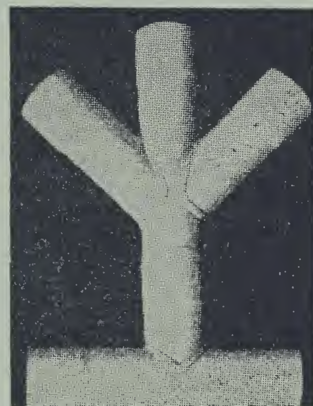
GRADBENI VESTNIK, god. IX, 1957/58., br. 60, Ljubljana: Codnik: Produktivnost v gradbeništvu. — Lapajne: Diagrami za statično računanje okroglih rezervoarjev. — Recenzije.

GRADBENI VESTNIK, god. IX, 1957./58., br. 61—64, Ljubljana: Brily: Dosedanji in perspektivni razvoj gradbeništva. — Treppo: Stanovanjska izgradnja na Holandskem. — Skaberne-Treppo: Sat stropi. — Ozvald: Adicijske operacije na logaritmičnem računalu. — Sketelj-Rejic: Preliminarno poročilo o preiskavi Blejskega jezera. — Recenzije.

PUT I SAOBRAĆAJ, god. V, br. 4, april 1959., Beograd: Četvrta godišnja skupština Društva za puteve Srbije. — Svetel: O prionljivosti bitumena za kameni agregat. — Gordić: Održavanje i građenje lokalnih puteva u Srbiji. — Dobričanin: Sadržaj parafina u bitumenu iz domaće nafte »Križ« i njegov štetan uticaj. — Naša štampa o putevima. — Vesti.

CESTE I MOSTOVI, god. VII., br. 7, srpanj 1959., Zagreb: Popović: Ibarski put. — Sinković: Problemi javnog putničkog saobraćaja u velegradovima. — Rucner: Motorna vozila u međunarodnom cestovnom saobraćaju. — Zagoda: Međunarodni kongres za betonske ceste u Rimu (kraj). — Jelinović: Sigurnost u cestovnom prometu. — E: Mehaniziranje i tipiziranje građevinarstva u D. R. Njemačkoj. — Autoceste i krajobrazi. — Jelinović: Auto-moto daljinar.

JUVIDUR KL.



Juvidur Kl. cijevi su brzo naišle na najširu primjenu i potražnja za njima raste:

1. za kanalizaciju
2. za sisteme navodnjavanja u poljoprivredi
3. u kemijskoj industriji.

FIZIKALNE OSOBINE

Čvrstoća za vlak	500 kg/cm²
Čvrstoća za pritisak	800 kg/cm²
Tvrdoća po Brinellu	1200 kg/cm²
Koeficijent toplinskog izduženja	$6—8 \cdot 10^{-5}/^0C$
Toplinska provodljivost	$0,13\ Kcal/h \cdot m \cdot {}^0C$
Točka omekšavanja (po Vicatu)	88^0C

JUVIDUR KL. CIJEVI SU DOBAR ELEKTRIČNI I TOPLINSKI IZOLATOR, IZVANREDNO SU OTPORNE PREMA:

otpadnim gasovima koji sadrže ugljičnu, solnu, sumpornu, fluorovodičnu kiselinu, nitrozne gasove, oleum, sumporni dioksid i drugim kiselinama.

NISU OTPORNE PREMA:

acetonu, benzolu, esterima, ketonima, arom. ugljikovodicima i kloriranim ugljikovodicima.

NEKE KARAKTERISTIČNE OSOBINE JUVIDUR KL. CIJEVI

1. Juvidur cijevi istih dimenzija i debljine 5 puta su lakše od željeznih.
2. Mogu biti ukopane u bilo kakav teren (kiseo ili bazičan) na neograničeno vrijeme. Mogu služiti za transport svih vrsta mineralnih voda, a da uslijed toga ne podliježu koroziji.
3. Radi glatkoće stijena i kemijske inertnosti u cijevima ne dolazi do nikakvih inkrustacija i stvaranja kamenca.
4. Kod juvidur cijevi ne postoji problem galvanskih i lutajućih struja, jer je juvidur dobar elektro-izolator.
5. Juvidur cijevi ne »stare«.

JUVIDUR CIJEVI SU JEFTINIJE OD MNOGIH VRSTA CIJEVI, A UZ TO IH JOŠ JEFTINIJIMA PRAVE NIŽI TRANSPORTNI TROŠKOVI, JEDNOSTAVNA MONTAŽA I ODRŽAVANJE, KAO I DUŽI VIJEK TRAJANJA.

„JUGOVINIL“ TVORNICA PLASTIČNIH MASA I KEMIJSKIH PROIZVODA

KAŠTEL-SUĆURAC

